



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE
RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
DEL CARGADOR FRONTAL R1600G**

Francisco Alexander Cabezas Duran

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, mayo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE
RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
DEL CARGADOR FRONTAL R1600G**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FRANCISCO ALEXANDER CABEZAS DURAN
ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 16 de marzo de 2010.

Francisco Alexander Cabezas Duran



Guatemala, 13 de enero de 2014
REF.EPS.DOC.26.01.14.

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Francisco Alexander Cabezas Durán** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 9712320, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G.**

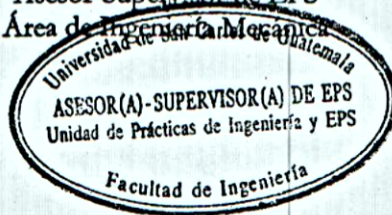
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Barceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EESZ/ra



Guatemala, 13 de enero de 2014
REF.EPS.D.03.01.14

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Francisco Alexander Cabezas Durán** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.133.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G** del estudiante **Francisco Alexander Cabezas Duran**, CUI No. 1682-68450-0601, Reg. Académico No. 9712320 y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, marzo de 2017

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

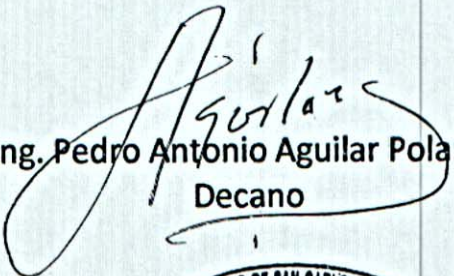


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 202.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G**, presentado por el estudiante universitario: **Francisco Alexander Cabezas Duran**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el dador de la sabiduría y la inteligencia.
Mis padres	Francisco Cabezas y Marta Duran, su ejemplo siempre vivirá en mi corazón
Mi esposa	Isela Cristina Yanes Méndez, por ser una importante influencia en mi carrera.
Mis hijas	Emily y Nathaly, por ser dos ángeles en mi vida.
Mis hermanos	Fernando, Daniel, Saúl, Estela, Isaías, Wylian Cabezas Duran por su ejemplo de perseverancia,

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitirme ser parte de ella.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos que hoy me
identifican como profesional.

**Mis amigos de la
Facultad**

Henry Ocolt y Luis de León, entre otros.

Mis catedráticos

Por compartir sus conocimientos con mi
persona, a través de los años de estudio.

Ing. Melvin Castro

Por su apoyo incondicional en el desarrollo de
mi carrera.

Ing. Javier Peña

Por ayudar a superarme y ser un profesional de
bien.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES GENTRAC.....	1
1.1. Organización de la empresa.....	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Actividades y servicios.....	2
1.1.2.1. Actividades	2
1.1.2.1.1. Servicios	2
1.1.3. Misión y visión de la empresa.....	3
1.1.3.1. Misión:	3
1.1.3.2. Visión.....	4
1.1.4. Estructura Organizacional.....	4
1.1.4.1. Organigramas	5
1.1.4.2. Ubicación	5
1.1.5. Talleres de servicio de especialidades	8
1.1.6. Taller de Servicio de Taller Central.....	8
1.2. Componentes generales.....	8
1.2.1. Definición de motor de combustión interna.....	8
1.2.2. Definición de transmisión automática	19
1.2.3. Definición de sistemas eléctricos.....	39

1.2.4.	Definición de monitores electrónicos (EMS).....	46
1.2.5.	Definición de sistemas hidráulicos y electrohidráulicos	48
1.3.	Definición del programa de reconstrucción de maquinaria.....	56
1.3.1.	Definición de reconstrucción certificada Caterpillar (CCR).....	57
1.3.2.	Componentes que incluye la reconstrucción CCR ..	58
1.3.2.1.	Requisitos para hacer válida la reconstrucción ante Caterpillar	59
1.3.2.2.	Como se determina, define y reconstruye una máquina con el programa CCR	60
1.3.3.	Definición de reconstrucción certificada de tren de potencia (CPT)	61
1.3.4.	Componentes que incluye la reconstrucción certificada del tren de potencia (CPT)	62
1.4.	Herramientas especiales utilizadas en las reconstrucciones ...	63
1.4.1.	Definición de banco de pruebas de motores (dinamómetro)	63
1.4.2.	Definición de banco de pruebas de Transmisiones y bombas hidráulicas	64
1.4.3.	Definición de banco de pruebas de cilindros hidráulicos	65
1.4.4.	Definición de programas de asistencia electrónica (ET)	65
1.5.	Procedimiento de ingreso de maquinaria Taller Central antes de desarmar las máquinas	66
1.5.1.	Lavado de la máquina	66
1.5.2.	Ubicación de la máquina	67

1.5.3.	Pruebas de diagnóstico TA-2 máquina.....	67
1.6.	Procedimiento de desarmado y armado de componentes en Taller Central	69
1.6.1.	Desmontaje y montaje de motor de combustión interna.....	69
1.6.2.	Desmontaje y montaje de la transmisión automática	70
1.6.3.	Desmontaje y montaje de la bomba y controles hidráulicos.....	70
1.6.4.	Desmontaje y montaje de ejes de tracción	72
1.6.5.	Desmontaje y montaje de convertidor de torque	72
1.7.	Procedimiento de reparación de componentes principales en la reconstructora Remosa.....	73
1.7.1.	Reparación del motor de combustión interna	74
1.7.2.	Reparación de la transmisión automática.....	76
1.7.3.	Reparación de bomba, controles y actuadores hidráulicos.....	79
1.7.4.	Reparación de ejes de tracción	81
1.7.5.	Reparación del convertidor de torque.....	82
2.	DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G	85
2.1.	Proceso de desmontaje y montaje de piezas en taller central.....	85
2.2.	Procesos de reparación de los componentes principales en la reestructores REMOSA.....	87
2.3.	Desarrollo de los procedimientos unificados de los dos talleres de Gentrac involucrados	91

2.4.	Implementación de los procesos de desmontaje, reparación, montaje y puesta en marcha de los componentes del cargador frontal R1600G.....	94
2.5.	Verificación del cumplimiento de los requisitos del programa de reconstrucción de maquinaria de Caterpillar CCR	96
2.6.	Entrega del proyecto a gerentes y supervisores Gentrac.....	98
3.	ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO.....	101
3.1.	Utilización de equipo de protección personal	101
3.2.	Manejo correcto de equipos de movimiento de piezas (grúas eléctricas).....	102
3.3.	Procedimiento de desmontaje y montaje de piezas del cargador frontal	103
3.4.	Procedimiento de manejo y almacenamiento de fluidos (aceites)	104
3.5.	Manejo de montacargas de 7 toneladas	105
3.6.	Utilización de herramientas neumáticas.....	106
3.7.	Utilización de herramientas eléctricas	107
3.8.	Utilización de herramientas especiales	107
	CONCLUSIONES.....	109
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFIA.....	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de Gentrac.....	7
2.	Punto muerto superior (TDC)	10
3.	Relación de compresión.....	12
4.	Grafica de la presión del aire en la superficie de la tierra.....	18
5.	Vista de una transmisión automática.....	19
6.	Vista interna de una transmisión planetaria	20
7.	Vista de paquete hidráulico seccionado	21
8.	Manual de caja automática planetaria u contra ejes	22
9.	Vista de caja automática de contra ejes.....	23
10.	Vista seccionada de la caja automática contra ejes.....	24
11.	Vista de un convertidor de torque hidráulico	25
12.	Vista de un convertidor de torque seccionado	26
13.	Vista de componentes reales de un convertidor de par	27
14.	Vista del rodete cuando envía fuera de aceite a la turbina.....	28
15.	El estator dirige el aceite nuevamente al rodete	28
16.	Dirección de flujo entre los componentes del convertidor	29
17.	Flujo de aceite del convertidor de par	30
18.	Conjunto de engranaje planetario	32
19.	Mando final planetario	34
20.	Mando final de contra ejes	35
21.	Conjunto de engranajes de corona y piñón.....	36
22.	Conjunto de engranajes cónicos de corona y piñón.....	37
23.	Conjunto de engranajes cónicos	37

24.	Sistema de mando hidrostático básico	38
25.	Tipos de cables.....	40
26.	Grupo de cables de un mazo	41
27.	Clasificación de cables eléctricos	42
28.	Normas para realizar trabajos de soldadura en cables eléctricos.....	45
29.	Monitor de máquina EMS de cargador R1600G	46
30.	Ejemplo de líquidos en distintas formas.....	49
31.	Principio hidráulico de una prensa	50
32.	Funcionamiento de un cilindro hidráulico	50
33.	Esquema de cilindro hidráulico	53
34.	Cilindro de simple efecto.....	54
35.	Cilindro hidráulico de doble efecto	54
36.	Cilindro hidráulico telescópico	55
37.	Brazo mecánico de excavadora.....	56
38.	Diagrama grafico del funcionamiento del programa.....	57
39.	Diagrama de componentes del tren de potencia a reconstruir en el programa	59
40.	Diagrama gráfico de utilización de los programas para una máquina...	62
41.	Interior del taller de Remosa.....	73
42.	Placa de identificación de reconstrucción	97
43.	Placa que identifica una reconstrucción CPT	98

GLOSARIO

America Wire Gage	Institución que da la clasificación de los cables eléctricos.
Caballos de fuerza	Dimensional para medir la potencia en el sistema inglés.
Cavitacion	Efecto que producen las burbujas en el aceite al momento de estar circulando dentro de un componente.
Challenger	Tipo de específico de tractor agrícola Caterpillar.
Cilindro hidráulico	Dispositivo que convierte la fuerza hidráulica en fuerza mecánica.
CPT	Reconstrucción del tren de potencia de la máquina.
CCR	Reconstrucción certificada Caterpillar.
Dinamómetro	Dispositivo para efectuar pruebas a componentes mayores.
Electrohidráulica	Combinación de la electricidad y la hidráulica.

Et	Herramienta electrónica Caterpillar para diagnóstico.
Horse Power	Dimensional para medir la potencia en el sistema métrico.
Monitor	Dispositivo electrónico que unifica información general de la máquina.
<i>Plungers</i>	Dispositivo mecánico que levanta la presión de combustible dentro de una bomba de inyección.
<i>Toque Converter</i>	Dispositivo hidráulico que aumenta la fuerza de giro.

RESUMEN

El proceso del desarrollo del programa de reconstrucción de maquinaria Caterpillar, es un programa que lleva la reconstrucción de la máquina por cada uno de sus componentes, cumpliendo con los parámetros de reconstrucción establecidos por fábrica para poder tener la garantía y la certificación del programa. Programa que logra proporcionar, después de la primera vida, una garantía de una máquina nueva.

La tesis incluye cada uno de los pasos que lleva la reconstrucción de un Cargador Frontal R1600G, que fue la primera máquina que se le practicó una reconstrucción completa. Pasos que van desde selección del equipo, ya que no todas las máquinas pueden ingresar al programa de Caterpillar, que es la está dando el aval de la reconstrucción por medio de la asignación de un número de serie, para el equipo que se reconstruye, logrando así que sea reconocido a nivel mundial por su nuevo número de serie.

Durante el proceso de la reconstrucción se desmontaron todos los componentes del tren de potencia, así mismo los componentes relacionados, como el sistema electrónico y eléctrico de la máquina, que son muy importantes. Estos fueron evaluados y reemplazos de acuerdo a su evolución para garantizar su correcto funcionamiento por el lapso mínimo de 14 000 horas que se determina la vida de las máquinas mencionadas.

Cada componentes fue desarmado, evaluado, reacondicionado y probado en los diámetros correspondientes para garantizar el correcto funcionamiento al momento de ser instalados en la máquina, al finalizar el reacondicionamiento e

instalación de los mismos. Esta fue probada y evaluado su desempeño en trabajo real, como parte de los procedimientos que conlleva el inscribirla en el programa.

Al finalizar las pruebas de la máquina, se llenaron formularios proporcionados por la fábrica, para poder inscribirla como una máquina que fue reconstruida, abalado por Caterpillar por medio de un nuevo número de serie, que lo acredita como un equipo completamente reconstruido.

OBJETIVOS

General

Desarrollo e implementación de la reconstrucción de maquinaria de movimiento de tierras del Cargador Frontal R1600G en la empresa Corporación General de Tractores, Gentrac.

Específicos

1. Establecer las bases necesarias para la reconstrucción de máquinas de movimientos de tierras, para ser utilizado en futuras reconstrucciones.
2. Realizar la reconstrucción, cumpliendo con los requerimientos del programa, “Reconstrucción Certificada de Caterpillar” a nivel internacional.
3. Capacitar al personal técnico de la empresa, enfocándose en el cumplimiento de los estándares del programa de reconstrucción.
4. Establecer las bases necesarias para la reconstrucción de máquinas de movimiento de tierras, para ser utilizado en futuras reconstrucciones.

INTRODUCCIÓN

La empresa, Corporación General de Tractores con nombre comercial “Gentrac” es una empresa que lleva años de estar posicionada en el mercado de maquinaria de movimiento de tierras la cual, a la fecha ha logrado posicionarse en uno de los primeros lugares; razón por la cual tiene un compromiso con sus clientes en lograr que los mismos lleguen a mejorar sus productos mediante el uso de equipos confiables para movimiento de tierras, lo cual se logrará con la implementación de programas, como el de la reconstrucción de maquinaria.

Tomando en cuenta este compromiso que tiene Gentrac con sus, clientes decide lanzar de forma pionera en Guatemala y a nivel Centroamérica el primer programa de reconstrucción de máquina de movimiento de tierras, logrando con esto el beneficiar a sus clientes, ya que en dicho programa se reciben equipos con muchas horas de trabajo y se actualizan logrando entregar una máquina completamente reconstruida y a su vez gozando de las garantías que presenta un equipo totalmente nuevo, con la diferencia de que se invierte solamente un tercio del precio de una nueva.

El presente documento consta de tres capítulos. En el primero se darán las generalidades de la empresa y los conceptos básicos en los cuales se fundamenta el programa de la reconstrucción de la maquinaria de movimiento de tierra.

El segundo capítulo se mostrará un análisis de riesgo que se presenta con la implementación de dicho programa, dentro de las instalaciones de Gentrac.

Y, por último, en el tercer capítulo, se presenta la implementación del programa, aplicándolo a un cargador frontal modelo R1600G que viene a ser la primera máquina reconstruida por medio de este programa.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA CORPORACIÓN GENERAL DE TRACTORES GENTRAC

1.1. Organización de la empresa

Describiremos brevemente los orígenes, la forma y distribución de la organización de la empresa, Gentrac.

1.1.1. Reseña histórica

La empresa inicia sus funciones el 2 de marzo en el año 1998, bajo el nombre de Corporación General de Tractores, S.A. Gentrac Guatemala, tomando en cuenta que esta empresa es un consorcio que maneja a los tres distribuidores, Cogesa San salvador y Gentrac Belize, siendo el distribuidor exclusivo de CATERPILLAR Inc. para Guatemala.

En marzo de 2010 la empresa Gentrac Guatemala, Gentrac Belize y Cogesa, San Salvador, es absorbida por la empresa Ferreyros de Perú, continuando así con el desarrollo en Guatemala y los otros dos países, pero ahora con el respaldo de Ferreyros.

Gentrac representa para Guatemala una de las empresas que contribuyen al desarrollo del país, ya que es una de las empresas que importa un porcentaje considerable del total de máquinas de construcción que se mueven en el país, maquinaria que se encuentra generando fuentes de trabajo para los guatemaltecos, logrando que estas máquinas se encuentren en los cuatro puntos cardinales del país.

El compromiso que tiene esta empresa con sus clientes la ha llevado a mantenerse siempre en búsqueda de la innovación de sus productos y servicios, ofreciendo a sus clientes lo mejor, llevándolo a cabo por medio de cada uno de sus departamentos en los que se subdivide su organización; departamentos que están dedicados a cumplir con la Misión y Visión de la empresa.

1.1.2. Actividades y servicios

Las actividades y servicios que lleva a cabo esta empresa están siendo revisadas constantemente para poder satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes, así mismo lograr un desempeño correcto de dicha empresa.

1.1.2.1. Actividades

La empresa genera muchas actividades en pro de sus clientes, entre ellas tenemos la venta de maquinaria, venta de repuestos, reparación de maquinaria que tenga que ver con la marca que representan (Caterpillar).

La venta de cualquier máquina de la marca Caterpillar, ya sea del tipo de construcción de carreteras, minería de superficie y minería subterránea, así mismo la reparación de cualquiera de estas máquinas, conlleva la mano de obra califican y amplio *stock*.

1.1.2.1.1. Servicios

Entre los diversos servicios que brinda la empresa a sus clientes se encuentra el mantenimiento de la maquinaria, a través de los programas de mantenimiento preventivos(son sus siglas en inglés, CSA); análisis de aceites,

por medio del laboratorio con que cuente, en el cual se pueden analizar muestras por medio de un espectrofotómetro electrónico y las diversas pruebas que pueden efectuarse los aceites; Además tiene un área que se encarga de la capacitación de los operadores y técnicos de sus clientes.

Para prestar el servicio de reparación de maquinaria, la empresa cuenta con una cantidad considerable de técnicos completamente capacitados para poder solucionar los problemas de los clientes en el menor tiempo posible, además de contar con una gama de herramientas especiales para efectuar diagnósticos y reparaciones, de manera profesional.

Como parte del servicio que presta la empresa y por ser parte de una empresa multinacional, se cuenta con interconexión internacional con fabrica y cada uno de los distribuidores autorizados por Caterpillar a nivel mundial, esto con beneficio para la ubicación de repuestos e información técnica para proporcionar al cliente un correcto soporte al producto.

1.1.3. Misión y visión de la empresa

Son parte fundamental de toda empresa, ya que marcan el rumbo de la organización, buscando cumplir con las metas que definen la misión y la visión.

1.1.3.1. Misión

"Ser la mejor solución en equipos, respaldo al producto y opciones financieras, trabajando en conjunto con nuestros clientes¹."

¹ Empresa de tractores Gentrac. *Misión y visión*. <http://www.gentrac.com.gt/nosotros/mision-vision-y-valores>. Consulta: 29 de agosto de 2016.

1.1.3.2. Visión

“Ser los mejores en proporcionar soluciones a nuestros clientes y satisfacción a nuestros empleados, con solidez financiera².”

1.1.4. Estructura organizacional

La empresa en cuestión cuenta con una estructura organizacional que se divide, a su vez, en tres grandes grupos, los cuales son:

- Departamento de Soporte al Producto
 - Departamento de Repuestos
 - Personal de Importaciones
 - Personal de Bodega
 - Personal de Entrega de Repuestos
 - Vendedores de Mostrador
 - Departamento de Servicios
 - Taller Central
 - Taller de Soldadura
 - Taller de Remosa
 - Taller de Electricidad
 - Taller de Servicio de campo(reparaciones fuera de Gentrac)
 - Desarrollo Técnico
 - División Comercial
 - Personal de soporte al producto
 - Seguridad Industrial
 - Departamento de mantenimiento de las instalaciones

² Empresa de tractores Gentrac. *Misión y visión*. <http://www.gentrac.com.gt/nosotros/mision-vision-y-valores>. Consulta: 29 de agosto de 2016.

- Departamento de Ventas y Arrendamiento
 - Vendedores de maquinaria de Construcción
 - Vendedores de Equipos Electrógenos
 - Área de Arrendamiento de equipos
- Departamento de Finanzas
 - Departamento de Contabilidad
 - Departamento de Créditos

Con esta estructura organizacional se les presta a los clientes una atención de primera, por medio de cada una de las responsabilidades que conlleva cada pieza de la organización, buscando cumplir con la misión y visión de dicha empresa.

1.1.4.1. Organigramas

Uno de los medios para la visualización de las interrelaciones entre estos tres elementos, grandes grupos de la estructura organizacional, consiste en la elaboración de un organigrama.

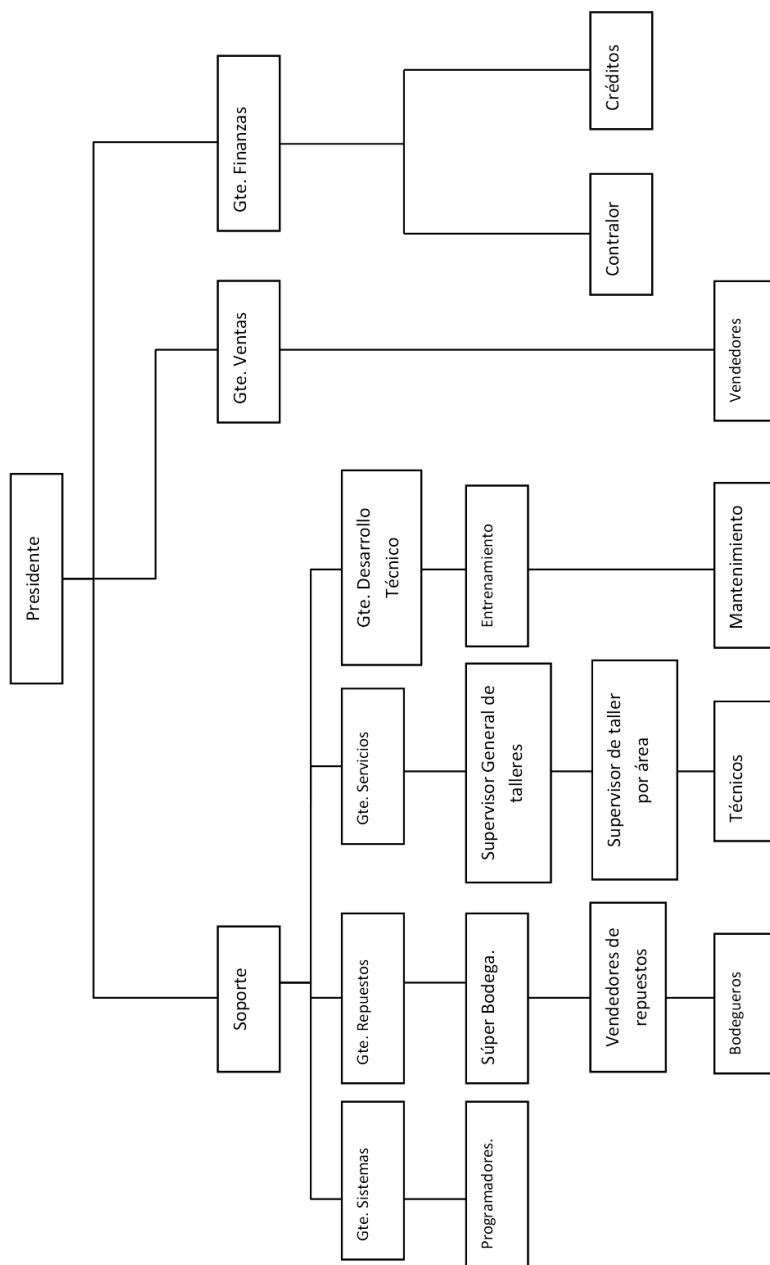
Este es un diagrama en el que se representan gráficamente las relaciones de información entre funciones, departamentos e individuos en una organización.

1.1.4.2. Ubicación

La empresa, Corporación General de Tractores, S.A. Gentrac, esta localizada en la ciudad de Guatemala, al final de la calzada Aguilar Batres, zona 12. Cuenta con una sucursal ubicada en Quetzaltenango.

- Gentrac Guatemala.
Corporación General de Tractores, S.A.
Calzada Aguilar Batres 54-41 zona 12.
Guatemala, Guatemala.
PBX: (502)2328-9000 y 2386-9000
Fax: (502)2477-3480.
E-Mail: gentrac@gentrac.com.gt
Sucursal Quetzaltenango
7 avenida 1-07 zona 2 Quetzaltenango, Quetzaltenango.
Tel.: (502)7761-8258
E-Mail: xela@gentrac.com.gt

Figura 1. Organigrama de Gentrac



Fuente: elaboración propia.

1.1.5. Talleres de servicio de especialidades

Estos talleres son los que se encargan de trabajar componentes específicos, es decir que estos son talleres especiales en los que se utiliza una mano de obra calificada y específica para componentes delicados de la máquina, como los son motores, bombas hidráulicas, controles hidráulicos y cilindros hidráulicos, estos talleres cuentan con todo lo necesario para garantizar que los componentes en mención trabajaran de forma correcta al ser instalados en la máquina que los lleva.

1.1.6. Taller de Servicio de Taller Central

Este taller es el encargado de remover los componentes que serán reparados en los taller de especialidades, es decir que en este taller se efectúan los diagnósticos, remoción de componentes y ensamblado de los mismos, al ser reparados. Por lo tanto, este taller es uno de los más importantes ya que este se encarga de unificar todos los componentes y garantizar que trabajan correctamente ya instalados en la máquina.

1.2. Componentes generales

Existen una cantidad de conceptos generales que presentaremos a continuación para poder hacer mas entendible el proceso de la reconstrucción de Cargador frontal.

1.2.1. Definición de motor de combustión interna

Un motor de combustión interna es considerado como un convertidor de energía calorífica a energía mecánica, pero no solo es necesario saber el

concepto que es un motor de combustión interna, sino que también hay que conocer los factores que determinaran el rendimiento del motor, ya que en este tipo de máquinas, sí es de suma importancia el saber cuál es el rendimiento del motor para lograr sus objetivos.

Existen múltiples factores que determinan el rendimiento del motor. Las condiciones de operación del motor y su aplicación específica afectan su rendimiento. Sin embargo, muchos de los factores determinantes del rendimiento, dependen de la fabricación del motor. Algunas de las especificaciones básicas que dependen del fabricante del motor y que afectan su rendimiento, son:

- Relación de compresión

El rendimiento del motor se calcula generalmente comparando la potencia de salida y la eficiencia del motor. Estos valores pueden medirse de diferentes modos. Deben conocerse las bases de estas mediciones y las especificaciones del fabricante para entender mejor los efectos que todos estos factores y mediciones tienen en el rendimiento del motor.

Figura 2. **Punto muerto superior (TDC)**

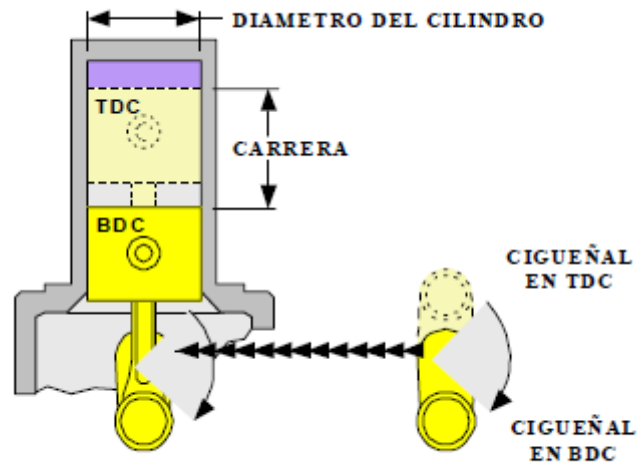


Fig. 1.3.2

Fuente: *Manual de entrenamiento básico, Caterpillar*. p. 15.

- El punto muerto superior (TDC) es el término usado para describir la posición del pistón cuando está en el punto más alto del cilindro.
- Esto ocurre cuando el cigüeñal y la biela están extendidos completamente y en línea recta uno al otro. La mayoría de los eventos de la operación del motor se identifican por la posición del cigüeñal, medida en grados, ya sea antes o después del TDC.
- Punto muerto inferior (BDC)
El punto muerto inferior (BDC) es un término usado para describir la posición del pistón cuando el pistón está en el punto más bajo del cilindro. Esto ocurre cuando el cigüeñal y la biela están retraídos completamente y en línea recta uno con el otro.

- **Diámetro del cilindro (B)**
El diámetro del cilindro es el término usado para describir el diámetro del cilindro del motor. El diámetro del cilindro es medido generalmente en milímetros o pulgadas.
- **Carrera (L)**
La carrera es el término usado para describir la distancia que un pistón viaja en el cilindro del motor. La carrera se mide como la distancia entre las posiciones del pistón de BDC a TDC. La carrera está determinada por el diseño del cigüeñal. La carrera es igual al doble del paso del cigüeñal. La carrera generalmente se mide en milímetros o pulgadas.
- **Cilindrada del motor**
El diámetro del cilindro, la carrera y el número de cilindros determinan la cilindrada del motor. La cilindrada del motor es el volumen desplazado por todos los cilindros durante un giro completo.

La cilindrada del motor se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\text{Cilindrada} = \pi \times r^2 \times L \times n$$

Donde

$$\pi = 22/7$$

$$r^2 = \text{radio} \times \text{radio}$$

$$\text{radio} = 1/2 \text{ diámetro del cilindro}$$

$$L = \text{carrera}$$

$$n = \text{número de cilindros en el motor}$$

Figura 3. **Relación de compresión**

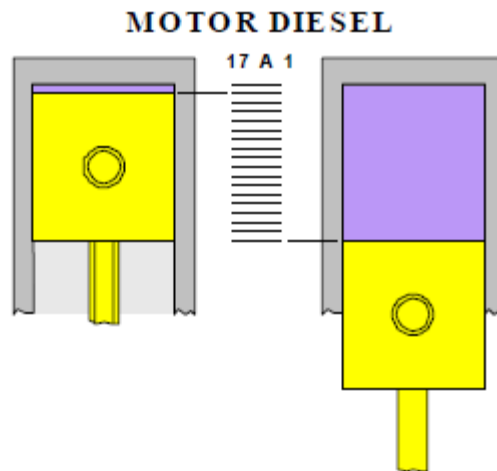


Fig. 1.3.3

Fuente: *Manual de enteramiento de motores básicos, Caterpillar*. p. 19.

- Relación de compresión
La relación de compresión de un motor está determinada por la cilindrada y el volumen de la cámara de combustión. Para calcular la relación de compresión use la siguiente fórmula:

$CR = \frac{\text{Volumen total del cilindro}}{\text{Volumen de la cámara de compresión}}$

Generalmente la relación de compresión de los motores diesel está en la gama de 11:1 a 22:1. La relación de compresión de los motores diesel es significativamente más alta que la de los motores de gasolina.

Los motores diesel usan esta relación de compresión más alta para aumentar la presión en la cámara de combustión. Las presiones más altas causan aumento de temperatura de la mezcla aire y combustible en la cámara

de combustión. Esta temperatura más alta [aproximadamente 532 0C (1,000 0F)] permite que el combustible, diesel se encienda sin necesidad de usar una bujía de combustión.

- Trabajo

El trabajo se define como la fuerza aplicada por la distancia.

$$W = F \times D$$

Potencia

La potencia se define como la velocidad a la cual se realiza el trabajo.

$$P = F \times D / t$$

o

$$P = W / t$$

Donde t, en la fórmula, es el tiempo en que se realiza el trabajo. La medida estándar de potencia en el sistema métrico es el kilovatio.

(kW), y en el sistema inglés el caballo de fuerza (HP).

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1.340 \text{ HP}$$

El término "caballo de fuerza" se debe originalmente a James Watt, inventor escocés. Watt observó, en una mina de carbón la capacidad de un caballo de transportar carbón, Watt definió como 1 HP la capacidad de un caballo de transportar 33,000 libras de carbón, una distancia de 1 ph, en un minuto.

La potencia puede expresarse en diferentes formas:

La potencia indicada (IP), es la potencia teórica que un motor es capaz de producir. Se calcula multiplicando la cilindrada del motor por la presión media efectiva en el cilindro, en libras por pulgada cuadrada y dividiendo por 33.000.

La potencia al freno del motor (BP) es la potencia encontrada al probar físicamente el motor en un dinamómetro. Un dinamómetro es un dispositivo acoplado a un motor con el propósito de medir la salida de par y la potencia del motor.

La potencia de fricción (FP) es la potencia que el motor requiere para sobrepasar las pérdidas por fricción de los cojinetes, engranajes y otras piezas móviles del motor. La potencia de fricción aumenta, si aumenta el tamaño y/o la velocidad del motor.

$$BP = IP - FP$$

- Par

Cuando el motor está en funcionamiento, la combustión mueve los pistones hacia abajo en los cilindros. Este movimiento hacia abajo del pistón se transmite a las bielas y permite, a su vez que el cigüeñal gire. La fuerza de torsión resultante producida por el cigüeñal se llama, par.

El par y la potencia producida por el motor se relacionan en la siguiente ecuación:

$$HP = T \times rpm / 5,252$$

Nota: esta fórmula no puede usarse con unidades métricas. Por ello se convierten las unidades métricas en unidades inglesas antes de realizar los cálculos.

En donde:

$T = \text{Par (medido en pies libra)}$

$5,252 = 33,000 / 2\pi \text{ (constante)}$

La constante 5,252 resulta de dividir las 33,000 libras, en la fórmula de potencia de Watt, entre el valor angular de una rotación del cigüeñal en radianes, 2π .

El par se mide en pies-libra (pie-lb) en el sistema inglés y en Newton-metros (Nm) en el sistema métrico.

$1 \text{ pie lb} = 1,3558 \text{ Nm}$

$1 \text{ Nm} = 0,7376 \text{ pie lb}$

- Fricción

Se requiere cierta fuerza para deslizar las superficies de dos objetos, una contra la otra. La resistencia a este movimiento se llama fricción. A medida que la carga aumenta, la fricción aumenta. Por ejemplo, se requiere más fuerza para arrastrar un objeto pesado que uno liviano. También influye la condición de las dos superficies en contacto. Debido a esto, es tan importante el sistema de lubricación de un motor. La película de aceite entre las piezas en movimiento de un motor, mantiene la fricción muy baja entre las dos superficies. Esto no solamente da al motor una vida de servicio más larga, sino también crea menos

arrastre en el motor, reduce la cantidad de potencia de fricción y permite que el motor tenga más potencia al freno.

- Inercia

La primera ley de movimiento de Sir Isaac Newton, expresa que un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento y que un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, hasta que actúa sobre él una fuerza externa. Este fenómeno se debe a la inercia que todo objeto posee. La cantidad de inercia de un objeto es directamente proporcional a la cantidad de masa que tiene el objeto. Por ejemplo, un carro tiene más inercia que una bicicleta. Por esta razón es más difícil mover o detener un carro que una bicicleta.

- Eficiencia

La eficiencia de un motor se expresa como el porcentaje de potencia real comparado con la potencia teórica del motor. La potencia real producida por un motor es siempre menor que la potencia teórica. Hay varios modos de definir la potencia del motor.

La eficiencia volumétrica se define como la capacidad del motor de llenar el cilindro con aire en la carrera de admisión, comparado con el cilindro completamente lleno de aire con presión atmosférica. Debido a que el aire debe ser aspirado dentro del cilindro con el movimiento hacia abajo del pistón, el motor nunca es capaz de llenar el cilindro completamente.

La potencia del freno es la cantidad de potencia útil real que produce el motor. La potencia indicada es la cantidad de potencia teórica que el motor

debe ser capaz de producir. La eficiencia mecánica es la relación de la potencia al freno y la potencia indicada.

$$BP / IP = \text{Eficiencia mecánica}$$

La eficiencia térmica se define como el grado al cual un motor es capaz de convertir con éxito la energía del combustible en energía calorífica para hacer que los pistones giren el cigüeñal.

La eficiencia del combustible se define de diferentes maneras. La más común es la que se expresa en kilómetros por litro (km/L), o millas por galón (millas/galón EE.UU.), y se usa para describir la eficiencia de combustible de un motor en una aplicación de carretera, como por ejemplo, en un camión. La eficiencia de combustible para aplicaciones marinas e industriales se expresa en litros por hora (L/h) o galones por hora (galón EE.UU./h) a la velocidad de clasificación.

La eficiencia de combustible se expresa también en consumo de combustible específico al freno (bscf). El bscf se define como la cantidad de combustible usado por unidad de potencia y tiempo. El bscf de un motor se expresa ya sea en g / (kW h) o lb / (hp h).

- Condiciones atmosféricas

Para producir los niveles deseados de potencia, los motores diesel requieren grandes volúmenes de aire. Por tanto, la presión atmosférica, la temperatura ambiente y la humedad relativa del aire, juegan también un papel importante en las características de rendimiento del motor.

La presión atmosférica es la que fuerza el aire dentro del motor. La presión atmosférica es la presión ejercida sobre la superficie de la tierra debido al peso de la atmósfera (el aire que rodea la tierra). La presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña.

Figura 4. **Grafica de la presión del aire en la superficie de la tierra**



Fig. 1.3.4

Fuente: elaboración propia.

A manera de ejemplo, debido al aumento de presión a nivel del mar el aire es más denso que el aire en la cima de una montaña. El aire denso permite que más moléculas de aire entren en el cilindro. Esto permite que el combustible se queme casi totalmente en un motor diesel, lo que produce más potencia. A esto se debe que los motores rindan mejor en altitudes bajas, donde el aire es más denso.

La temperatura ambiente del aire también juega un papel importante cuando necesitamos mayor cantidad de aire en el cilindro. A menor temperatura

del aire, más densa la carga de aire que entra en el cilindro. A mayor densidad del aire, se produce en forma eficiente más potencia en el motor.

La humedad es también un factor importante en la combustión del motor diesel. La humedad es una medida relativa de la cantidad de vapor suspendido en el aire. El vapor suspendido tiene un efecto de enfriamiento del aire cuando entra en el motor. Por tanto, a mayor humedad del aire, es más frío y denso, y se produce mayor potencia en el motor.

1.2.2. Definición de transmisión automática

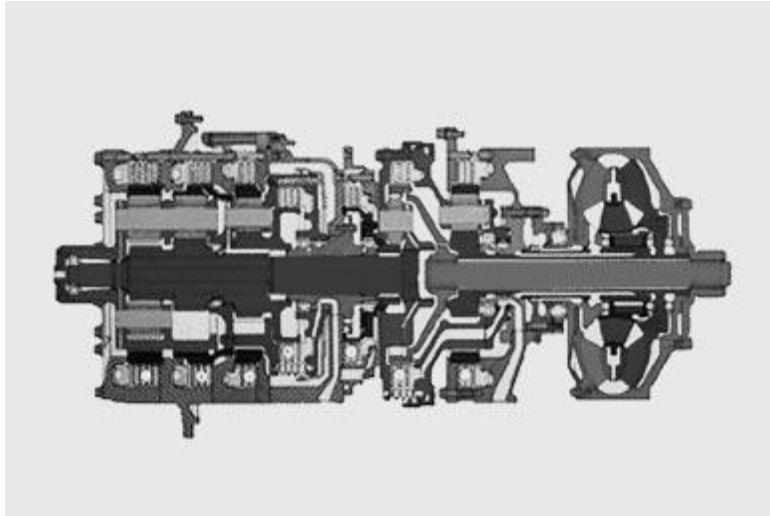
La transmisión automática es una combinación de conceptos. Los principales son e pascal

Figura 5. **Vista de una transmisión automática**



Fuente: *Manual de entrenamiento de trenes de mando, Caterpillar.* p. 16.

Figura 6. **Vista interna de una transmisión planetaria**



Fuente: *Manual de entrenamiento de trenes de mando, Caterpillar*. p. 36.

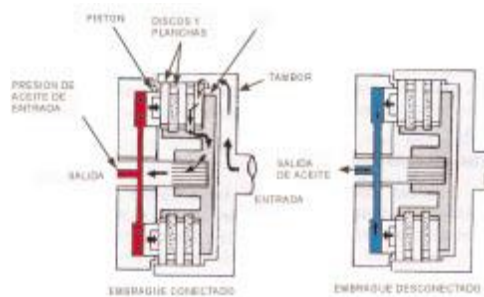
- Teoría de operación

En una transmisión manual, la potencia se transmite a través de los engranajes de los ejes mediante el deslizamiento de los engranajes para obtener una conexión apropiada, o con el uso de un collar para sostener los engranajes impulsados en los ejes. Combinaciones de palancas, ejes, y/o cables controlan las horquillas de cambio que físicamente mueven los engranajes o los collares. En muchos casos, un embrague del volante se usa para interrumpir el flujo de potencia durante el cambio.

La servo transmisión es un tren de engranajes que se puede cambiar sin interrumpir el flujo de potencia. En vez de deslizar físicamente un engranaje o un collar, embragues activados hidráulicamente controlan el flujo de potencia. En una servo transmisión, los engranajes están permanentemente acoplados.

La principal ventaja de una servo transmisión es la respuesta rápida cuando se cambia de una velocidad a otra. Esto permite un cambio rápido de velocidades cuando se necesita. La servo transmisión puede cambiar las velocidades con cargas sin pérdida de potencia.

Figura 7. **Vista de paquete hidráulico seccionado**



Fuente: *Manuel de entrenamiento trenes de mando Caterpillar*. p. 41.

- **Embragues hidráulicos**

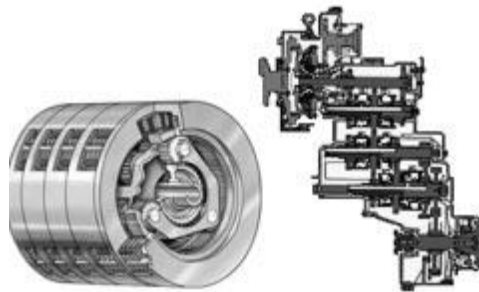
El embrague hidráulico consta de un paquete de embrague (discos y planchas) y un pistón de embrague. El embrague se conecta cuando el aceite presurizado empuja el pistón del embrague contra los discos y las planchas. Cuando los discos y las planchas entran en contacto, la fricción permite que la potencia fluya a través de ellos. Los discos están conectados a un componente. Las planchas están conectadas a otro. La potencia se transmite de uno de los componentes al otro, a través del paquete de embrague.

La servo transmisión usa presión de aceite interna para conectar los embragues hidráulicos. Cuando el operador selecciona una posición de velocidad, el aceite hidráulico conecta los embragues que dirigen la potencia a

los engranajes seleccionados. Cada combinación de embragues brinda una relación de engranajes diferentes y, por tanto, una velocidad diferente.

Cuando no se requiere que un embrague actúe más, se detiene el flujo de aceite y el embrague se libera. La fuerza del resorte mueve el pistón del embrague fuera de los discos y las planchas y permite que el componente sostenido gire libremente y detenga el flujo de potencia, a través de ese embrague.

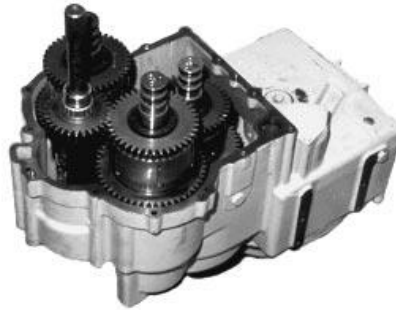
Figura 8. **Manual de caja automática planetaria y contra ejes**



Fuente: *Manual de entrenamiento de trenes de mando Caterpillar*. p. 45.

El tren de engranajes transmite la potencia del motor a través del tren de engranajes a las ruedas de mando. Los tipos más comunes de trenes de engranajes de las servo transmisiones, son las transmisiones, de contra eje (figura 8, derecha) y la transmisión planetaria (figura 8, izquierda). También se estudiará la servo transmisión de mando directo encontrada en los tractores agrícolas, Challenger.

Figura 9. **Vista de caga automática de contra ejes**



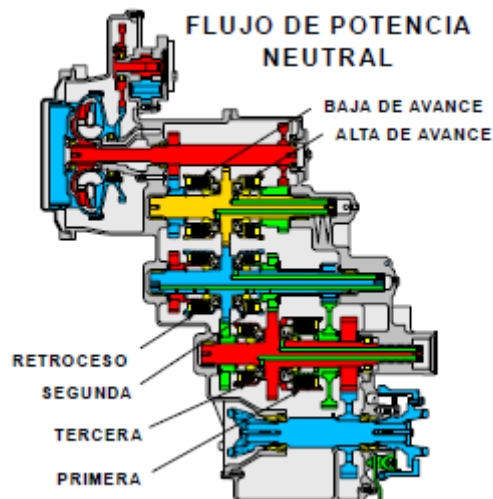
Fuente: *Manual de entrenamiento de trenes de mando Caterpillar*. p. 51.

- Transmisión de contra eje

Las transmisiones de contra eje usan embragues para transmitir la potencia a través de los engranajes. Las transmisiones de contra eje usan engranajes de dientes rectos conectados continuamente. La transmisión no tiene collares deslizantes. Los cambios de velocidad y de dirección, se ejecutan mediante la conexión de varios paquetes de embrague. Entre las ventajas de la transmisión de contra eje está, menos piezas y menos peso.

Se usará una transmisión de contra eje (figura 9) de cuatro velocidades de avance y tres velocidades de retroceso, para explicar los componentes y la operación de la transmisión de contra eje.

Figura 10. **Vista seccionada de la caja automática contra ejes**



Fuente: *Manual de entrenamiento trenes de mano Caterpillar*. p. 18.

La figura 10 muestra algunos de los componentes internos de una transmisión de contra eje. Hay tres ejes de embrague principales. El eje de avance baja/alta y el eje de retroceso/segunda están en constante contacto con el eje de entrada que impulsan. El eje de retroceso/segunda está en constante contacto con el eje de tercera/primeras y lo impulsan. El eje de avance baja/alta no está conectado con el eje de tercera/primeras.

El eje de tercera/primeras velocidad está en contacto continuo con el eje de salida y lo impulsa, lo que acciona ambos ejes de mando delantero y trasero.

Figura 11. **Vista de un convertidor de torque hidráulico**



Fuente: *Manual de entrenamiento de hidráulico básica de Caterpillar*. p. 48.

- **Convertidor de par**

El convertidor de par es una forma de acoplamiento hidráulico usado para transmitir potencia del motor al eje de entrada de la transmisión.

Los convertidores de par usan fluido (aceite) para conectar hidráulicamente el volante del motor al eje de entrada de la transmisión.

A menos que la máquina esté equipada con un embrague de traba, no hay conexión directa entre el motor y la transmisión y sólo actúa el mecanismo de mando hidráulico.

Hay tres tipos de mecanismos hidráulicos que se usan para transmitir potencia: el acoplamiento hidráulico (figura 11), el convertidor de par y el divisor de par. Todos son dispositivos de mando hidráulico que usan la energía de un fluido en movimiento para transmitir potencia.

Figura 12. **Vista de un convertidor de torque seccionado**



Fuente: *Manual de entrenamiento básico hidráulico Caterpillar*. p. 49.

- **Convertidor de par**

Un convertidor de par es un acoplamiento hidráulico al que se ha añadido un estator. Al igual que en el acoplamiento hidráulico, el convertidor de par acopla el motor a la transmisión y transmite la potencia requerida para mover la máquina. La figura 12 muestra un corte del convertidor de par. La caja se ha cortado transversalmente para permitir ver las piezas internas.

A diferencia del acoplamiento hidráulico, el convertidor de par puede también multiplicar el par del motor, con lo cual aumenta el par a la transmisión. El convertidor de par usa un estator que dirige de nuevo el fluido al rodete en el sentido de rotación. La fuerza del aceite del estator incrementa el par que se transfiere del rodete a la turbina y multiplica el par.

Los componentes básicos del convertidor de par son una caja de rotación, el rodete, la turbina, el estator y el eje de salida.

Figura 13. **Vista de componentes reales de un convertidor de par**



Fuente: *Manual de entrenamiento hidráulica básica Caterpillar*. p. 45.

La caja de rotación y el rodete (rojo) giran con el motor, la turbina (azul) impulsa el eje de salida y el estator (verde) está fijo y se mantiene estacionario por medio de la caja del convertidor de par.

El aceite fluye hacia adelante desde el rodete, pasa alrededor del interior de la caja y desciende a la turbina. De la turbina, el aceite pasa de nuevo al rodete por el estator.

La caja de rotación se conecta al volante y rodea completamente el convertidor de par. Una válvula de alivio de entrada y una de salida controlan la presión de aceite en el convertidor de par.

Figura 14. **Vista del rodete cuando envía fuera de aceite a la turbina**



Fuente: *Manual de entrenamiento hidráulica básica Caterpillar*. p. 49.

El rodete es el elemento impulsor del convertidor de par. Está conectado con estrías al volante y gira a las revoluciones del motor.

El rodete contiene álabes que envían con fuerza el aceite contra los álabes de la turbina (figura 14). Mientras la turbina gira, el rodete lanza el aceite hacia afuera al interior de la caja de rotación. El aceite se mueve en el sentido de rotación cuando deja los álabes del rodete.

Figura 15. **El estator dirige el aceite nuevamente al rodete**



Fuente: *Manual de entrenamiento básico Hidráulico básico de Caterpillar*.

El estator es el elemento de reacción estacionaria con álabes que multiplican la fuerza al hacer que el flujo de la turbina regrese al rodete. El propósito del estator es cambiar el sentido del flujo de aceite entre la turbina y el rodete. La figura 15 muestra este cambio de sentido, que aumenta el momento del fluido y, por tanto, la capacidad de par del convertidor. El estator está conectado a la caja del convertidor de par. El momento del aceite está en el mismo sentido del rodete. El aceite golpea la parte de atrás de los álabes del rodete y hace que gire. Esto se conoce como reacción.

La turbina es el elemento impulsado del convertidor de par y contiene álabes que reciben el flujo de aceite del rodete. El impacto de aceite del rodete en los álabes de la turbina hace que esta gire. La turbina hace girar el eje de salida (que está conectado con estrías a la turbina). El aceite se mueve en dirección opuesta a la rotación del motor/volante cuando sale de los álabes de la turbina.

Figura 16. **Dirección de flujo entre los componentes del convertidor**



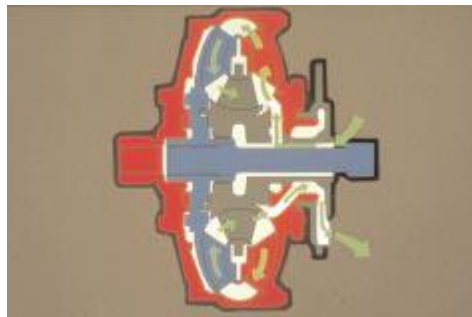
Fuente: *Manual de entrenamiento de hidráulico básica de Caterpillar*. p. 51.

El aceite fluye continuamente entre los componentes del convertidor. Al seguir las flechas amarillas de la figura 16, se puede ver el flujo de aceite

enviado con fuerza hacia afuera del rodete y alrededor de la caja dentro de la turbina. El aceite impulsa la turbina, y el par se transmite al eje de salida. Cuando el aceite deja los álabes de la turbina, el aceite golpea el estator, que envía el aceite hacia el sentido de rotación del rodete. El flujo de aceite se envía hacia arriba para entrar nuevamente al rodete. El aceite fluye continuamente entre los componentes del convertidor de par.

El eje de salida, que está conectado por estrías a la turbina, envía el par al eje de entrada de la transmisión. El eje de salida está conectado a la transmisión mediante una horquilla y un eje de mando, o directamente al engranaje de entrada de la transmisión.

Figura 17. **Flujo de aceite del convertidor de par**



Fuente: *Manual de entrenamiento de hidráulico básica de Caterpillar*. p. 78.

- Flujo de aceite del convertidor de par

La figura 17 muestra una sección transversal del convertidor de par. La caja de rotación y el rodete se muestran en rojo, la turbina y el eje de salida se muestran en azul y el estator se muestra en verde. Las flechas indican el flujo de aceite en el convertidor de par. El orificio de entrada de aceite está justo

encima del eje de salida y el de salida está en el soporte del convertidor, debajo del eje de salida.

El aceite de la bomba fluye a través de la válvula de alivio de entrada (no mostrada) del convertidor de par. La válvula de alivio de entrada del convertidor de par, controla la presión máxima del aceite en el convertidor de par.

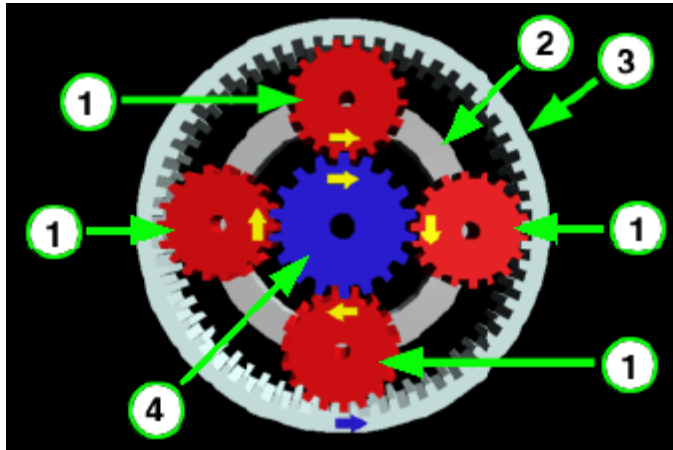
El aceite fluye a través de la maza al rodete y lubrica el cojinete en la maza. El aceite fluye luego a través del convertidor de par como se describió anteriormente. El aceite sale del convertidor de par y fluye a través de la válvula de alivio de salida. La válvula de alivio de salida controla la presión mínima del convertidor de par. El aceite se debe mantener con presión en el convertidor de par, a fin de evitar la cavitación, que reduce la eficiencia del convertidor. Cavitación es la formación de burbujas de vapor de aceite alrededor de los álabes.

- Principios del convertidor de par

El convertidor de par absorbe las cargas de impacto. La viscosidad del aceite del convertidor de par es un buen medio para transmitir la potencia. El aceite reduce la cavitación, lleva afuera el calor y lubrica los componentes del convertidor de par.

El convertidor de par se ajusta a la carga del equipo. A carga alta, el rodete gira más rápido que la turbina para aumentar el par y reducir la velocidad. Con una pequeña carga en el equipo, el rodete y la turbina giran prácticamente a la misma velocidad. La velocidad aumenta y el par disminuye. En condición de calado, la turbina permanece fija y el rodete queda girando. Se produce el máximo par y se para la turbina.

Figura 18. **Conjunto de engranaje planetario**



Fuente: *Manual de entrenamiento de trenes de mando Caterpillar*. p. 59.

- Mandos de engranajes

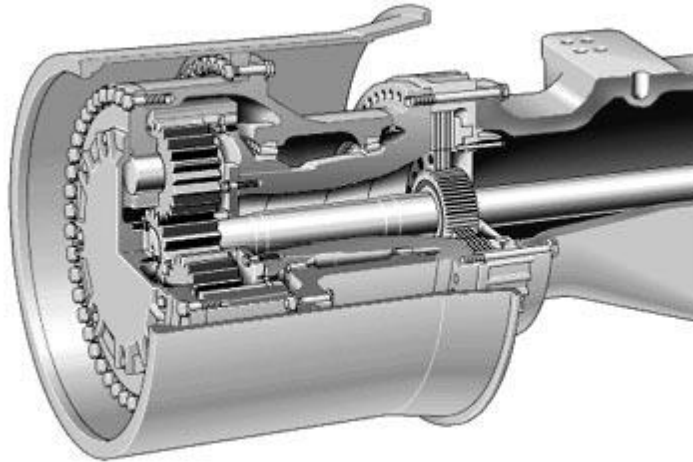
Los conjuntos de engranajes planetarios se usan en las transmisiones, los divisores de par y los mandos finales. Los conjuntos de engranajes planetarios se denominan así por su funcionamiento similar al de un sistema solar. La figura 18 ilustra los componentes de un conjunto de engranajes planetarios. Los engranajes planetarios (1) se conocen también como piñones o engranajes locos. El engranaje central (4) también se denomina engranaje solar. Alrededor del engranaje central (4) giran dos o más engranajes planetarios (1) en contacto continuo con el engranaje central. Los engranajes planetarios se montan en un dispositivo portador (2) y giran sobre sus ejes mientras giran alrededor del engranaje central. Los engranajes planetarios también están en contacto continuo con los dientes internos de una corona más grande (3) que rodea el conjunto planetario.

Con los conjuntos de engranajes planetarios se logran diferentes relaciones de engranajes, que impulsan y sostienen los tres miembros del sistema. Cuando un miembro se impulsa y otro se mantiene fijo, el tercer miembro es el que entrega la potencia de salida. Por ejemplo, si el engranaje central se impulsa y la corona se mantiene fija, los engranajes más pequeños del dispositivo portador irán alrededor de la corona en el mismo sentido que el engranaje central. El portador girará a una velocidad menor en una relación de engranajes baja.

Si el porta planetarios se impulsa y la corona se mantiene fija, los engranajes planetarios pequeños del portador irán alrededor de la corona y obligarán al engranaje central a girar en el mismo sentido. El engranaje central girará a una velocidad más alta.

Si se mantiene fijo el porta planetarios y se impulsa el engranaje central, los engranajes planetarios del portador giran en el sentido opuesto al engranaje central y obligan a la corona a girar en sentido contrario. Para alcanzar una gama infinita de par de salida y de relaciones de velocidad impulsada, se usan muchas variantes del sistema planetario.

Figura 19. **Mando final planetario**



Fuente: *Manual de entrenamiento asico de trenes de mando Caterpillar*. p. 52.

- Transmisión planetaria y mando final planetario

La transmisión planetaria de la figura 18 y el mando final planetario de la figura 19 son dos ejemplos de conjuntos de engranajes planetarios que se emplean en los trenes de fuerza.

Figura 20. **Mando final de contra ejes**

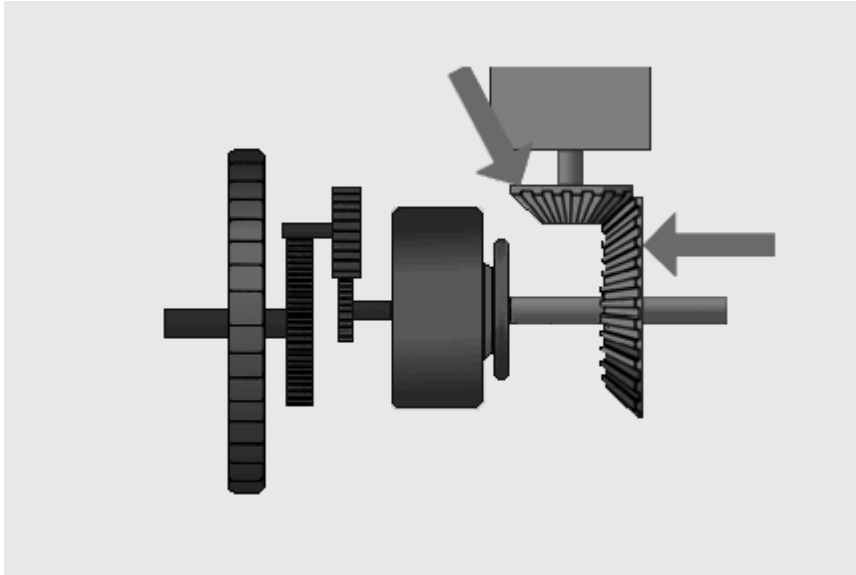


Fuente: *Manual de entrenamiento básico de trenes de mando Caterpillar*. p. 54.

- Mando final de contra eje (engranaje principal)

La transmisión de contra eje y el engranaje principal de mando final de la figura 20 son dos ejemplos de un conjunto de engranajes de contra eje usados en el tren de fuerza.

Figura 21. **Conjunto de engranajes de corona y piñón**

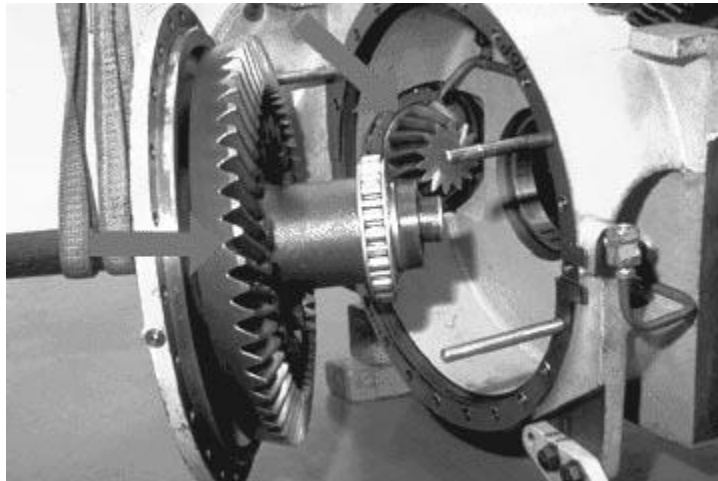


Fuente: *Manual de entrenamiento básico de trenes de mando Caterpillar*. p. 55.

- **Conjunto de engranajes de corona y piñón**

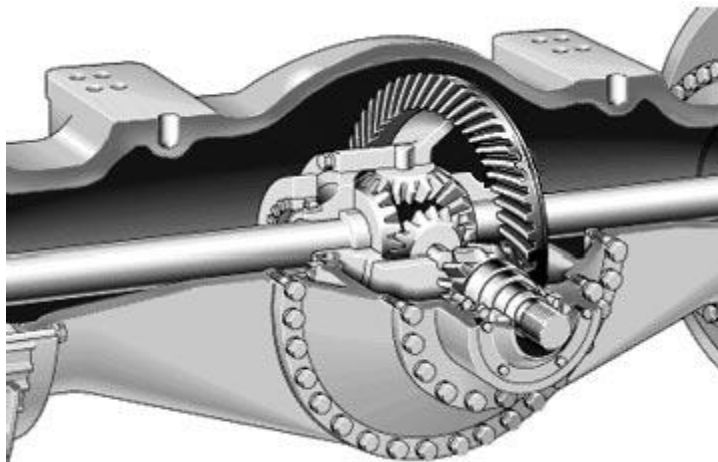
El conjunto de engranajes de corona y piñón (figura 21) consta de una corona y un engranaje de piñón. Los ejes de los engranajes están en ángulo recto entre sí. El conjunto de engranajes de corona y piñón se usa para cambiar el sentido del flujo de potencia. El engranaje piñón impulsa la corona. Cada engranaje está ahusado para permitir un contacto correcto de los dientes. El conjunto de corona y piñón permite que el flujo de potencia gire en curva.

Figura 22. **Conjunto de engranajes cónicos de corona y piñón**



Fuente: *Manual de entrenamiento básico de trenes de mando Caterpillar*. p. 56.

Figura 23. **Conjunto de engranajes cónicos**

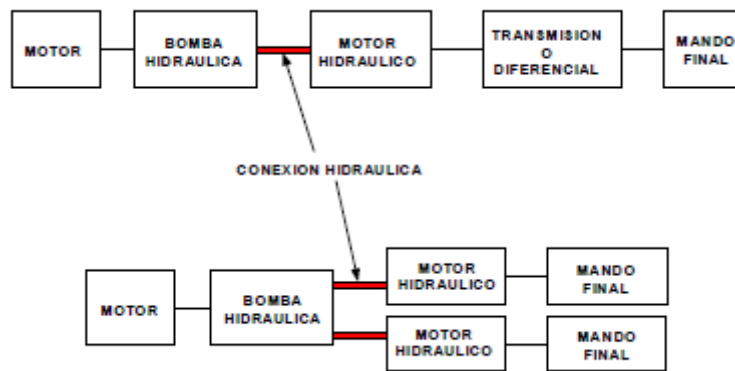


Fuente: *Manual de entrenamiento básico de trenes de mando Caterpillar*. p. 57.

Los engranajes cónicos de corona y piñón están en un conjunto acoplado. El conjunto de engranaje de corona de la figura 21 se usa en los tractores de

cadenas, para transmitir la potencia, desde la transmisión hasta el mando final. El conjunto de corona de la figura 21 se usa en los equipos de ruedas para transmitir la potencia desde la transmisión hasta el diferencial. Observe que la corona de los equipos de ruedas es parte del conjunto del diferencial.

Figura 24. **Sistema de mando hidrostático básico**



Fuente: *Manual de entrenamiento básico de trenes de mando Caterpillar*. p. 57.

- Mandos hidráulicos

Los mandos hidráulicos son otro método de transferir potencia del motor al terreno. En reemplazo de los engranajes, el fluido transmite la potencia del motor a la transmisión o a los motores de los mandos hidráulicos.

Las dos clases de mandos hidráulicos son el mando hidrostático y el de acoplamiento hidráulico. El sistema de mando hidrostático básico consta de una bomba hidráulica, las tuberías y el (los) motor(es). El acoplamiento hidráulico o rodete/turbina suministra la conexión hidráulica entre el motor y la transmisión. El acoplamiento hidráulico desempeña las mismas tareas que el embrague

mecánico, pero para transferir la potencia, se usa fluido de aceite hidráulico en vez de discos de fricción.

En un sistema de mando hidrostático, la tubería une la bomba y el motor en un circuito hidráulico cerrado. La bomba es la parte central del mando hidrostático. La bomba convierte la energía mecánica en energía hidráulica. Las tuberías llevan el fluido a alta presión de la bomba al motor y retornan el fluido a baja presión del motor a la bomba.

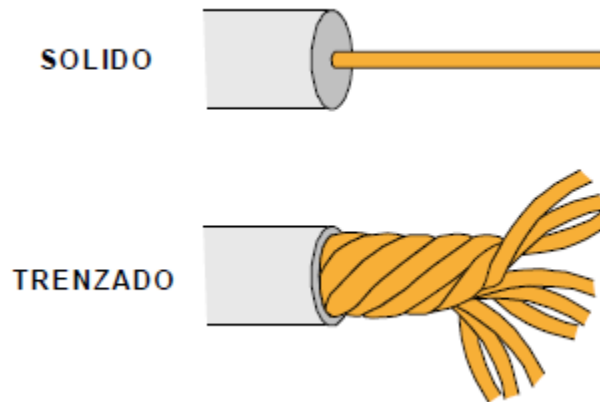
El motor convierte la energía hidráulica en trabajo mecánico. El motor se conecta a la pieza del equipo que desarrolla el trabajo mecánico de impulsión del equipo. Dependiendo del equipo, estos pueden ser los mandos finales de las ruedas, el diferencial o la transmisión.

Los mandos hidrostáticos ofrecen una gama infinita de velocidades y proveen un medio relativamente simple de transferir la potencia al terreno (para impulsar la máquina).

1.2.3. Definición de sistemas eléctricos

Hay diferentes tipos de componentes usados en los circuitos eléctricos. Mostraremos los componentes eléctricos básicos y el cableado usado en las máquinas Caterpillar.

Figura 25. **Tipos de Cables**



Fuente: *Manual de entrenamiento electricidad básica de Caterpillar*. p. 20.

Los cables son los conductores de los circuitos eléctricos. La mayoría de los cables son trenzados (hechos de muchos cables delgados enrollados y recubiertos con un material común aislante).

En las máquinas Caterpillar se encuentran muchos tipos de cables incluyendo:

- De cobre: es el tipo más común y son generalmente trenzados.
- Conexiones de fusibles: dispositivos de protección de circuitos hechos de cables más finos que los del resto del circuito que ellos protegen.
- Cable enrollado/blindado: un par de pequeños cables calibrados y aislados contra las señales de RFI/EMI, usados para señales de comunicación de computador.

Figura 26. **Grupo de cables de un mazo**



Fuente: *Manual de entrenamiento electricidad básica de Caterpillar*. p. 20.

Algunos cables de mazo se encuentran en tubos de plástico. Estos tubos están cortados longitudinalmente para permitir un acceso fácil a los cables del mazo. Otros cables del mazo se forran en cinta aislante.

Los mazos se fijan a la máquina con pinzas de plástico y sujetadores metálicos.

Para encontrar fácilmente un mazo específico en la máquina, los diagramas eléctricos Caterpillar proveen la localización de los mazos de cables. Las características de los diagramas eléctricos Caterpillar se verán más adelante.

Figura 27. **Clasificación de cables eléctricos**

AWG	DIAMETRO (mm)	OHMIOS POR 1.000 PIES
10	102,9	0,9989
12	80,8	1,588
14	64,1	2,525
16	50,8	4,016
18	40,3	6,385
20	32,0	10,15
22	25,4	16,14
30	10,0	103,20
40	3,10	1.049,0

Fuente: *Manual de entrenamiento electricidad básica de Caterpillar*. p. 21.

Muchos cables están en grupo con uno o más conectores comunes en cada extremo. Estos grupos son llamados mazos de cables. Observe que un mazo puede contener cables de diferentes circuitos y sistemas. Un ejemplo podría ser el mazo que enchufa en el conjunto del interruptor de las luces frontales, el cual contiene los cables de las luces de estacionamiento, las luces traseras y las luces frontales altas y bajas, entre otros.

- Calibre del cable

Los circuitos eléctricos y electrónicos se fabrican con conductores de tamaño y longitud específicos para proveer paso al flujo de corriente. El tamaño de un cable determina la cantidad de corriente que puede transportar. Un cable puede clasificarse de dos maneras: de acuerdo con la clasificación de la *American Wire Gage* (AWG) (referido generalmente como el “calibre” del cable) y la clasificación según el sistema métrico.

Cuando se reparan o se reemplazan cables de una máquina, es necesario utilizar conductores de tamaño y longitud correctos. La figura 26 indica las resistencias típicas de varios tamaños de conductores.

Si utiliza la clasificación AWG de cables, recuerde que los números de calibre más bajos indican cables de tamaño grande, y números altos indican cables de tamaño pequeño. Las medidas métricas del cable, por otra parte, se refieren al diámetro del cable en milímetros, y, en este caso, diámetros grandes indican cables más gruesos.

- Soldadura

Aunque pueda existir una conexión eléctrica entre dos cables rebordeados, la conexión puede estar incompleta o defectuosa. La soldadura permite una conexión eléctrica sólida y confiable.

En el proceso de soldadura, una soldadura derretida fluye entre todas las imperfecciones de la superficie de los metales que se van a soldar. Al soldar dos piezas de metal, una delgada capa de soldadura se adhiere entre las piezas para permitir así la conexión eléctrica.

La soldadura es una mezcla de estaño y plomo y generalmente contiene un fundente. La función del fundente es evitar la oxidación durante el proceso.

El fundente también sirve para bajar la tensión de la soldadura fundida, y permitir que esta fluya y se extienda más fácilmente. La resina es el fundente más comúnmente usado en la reparación de cables eléctricos. La resina es anticorrosiva, poco tóxica y se funde fácilmente. La soldadura con núcleo de resina es la única clase de soldadura usada en reparaciones de cableado

electrónico. Nunca use soldadura con núcleos ácidos u otras soldaduras que contengan fundente corrosivo, ya que la propiedad de la conexión de conducir la corriente se perderá rápidamente. Cuando esté soldando siga estas indicaciones:

Use el soldador para calentar el terminal o la pinza. Este transferirá calor por conductividad a los cables, que se calentarán lo suficiente para derretir la soldadura. No caliente la soldadura directamente.

Asegúrese de que haya láminas de soldadura entre el núcleo (conductor) y el terminal o pinza, pero no en el aislador.

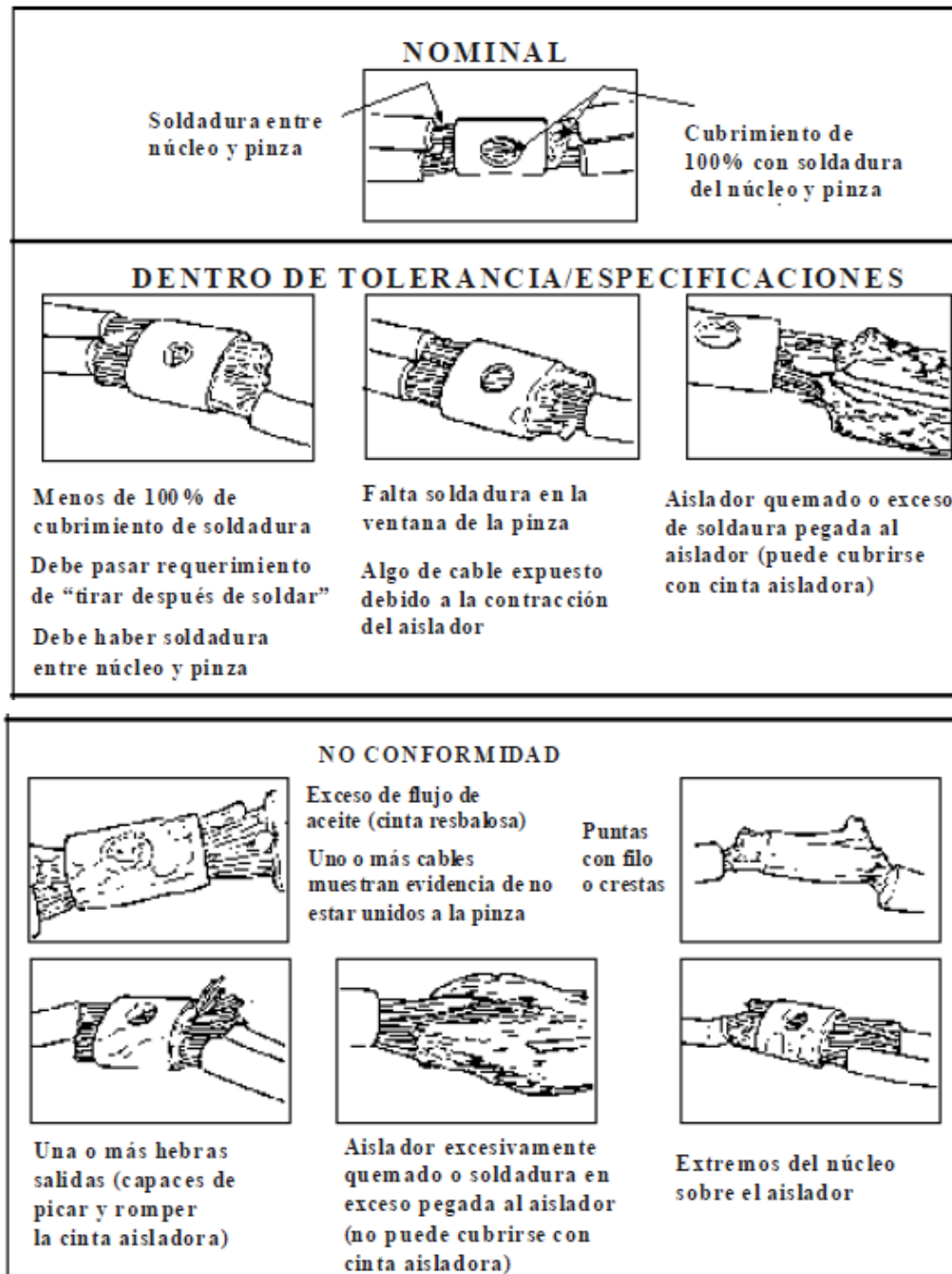
Si usa pinza, asegúrese de que la soldadura cubra la superficie expuesta del conductor y toda la pinza.

Si aplica soldadura alrededor de un terminal, asegúrese de que la soldadura cubra el conductor, pero no lo extienda más allá del conductor. Puede ser útil inclinar ligeramente hacia arriba el extremo del cable que se esté preparando para evitar que la soldadura fluya al terminal. No aplique mucha soldadura si el cable trenzado individual no es visible. No permita que el soldador queme el terminal o el aislador. No deje puntas agudas de soldadura, ya que pueden romper la cinta usada para aislar la reparación.

No permita que por fuera de la reparación queden hebras del cable trenzado o sobre el aislador.

No haga soldaduras de cables en un circuito vivo. Siempre desconecte la electricidad de los cables y luego realice la reparación

Figura 28. **Normas para realizar trabajos de soldadura en cables eléctricos**



Fuente: *Manual de entrenamiento electricidad básica de Caterpillar*. p. 20.

1.2.4. Definición de monitores electrónicos (EMS)

Estos son dispositivos electrónicos que permiten unificar la información y mostrarla en el monitor de la máquina, este sistema es el enlace entre la máquina y el operador o el técnico que la reparara, ya que en esta pantalla, el muestra las posibles fallas del sistema y también presenta fallas relacionadas con la operación.

Figura 29. **Monitor de máquina EMS de cargador R1600G**



Fuente: *Manual de entrenamiento Cargador Frontal R1600G Caterpillar*. p. 20.

El sistema de monitoreo de Caterpillar toma decisiones basadas en la información que recibe de los sensores colocados en todos los sistemas de la máquina, para poder tomar parámetros e informar tanto al operador, como presentar códigos de falla de la máquina, para orientar, al técnico en relación a las fallas que presentan los distintos sistema de la máquina.

Este sistema tiene tres maneras de presentar la información en el monitor, la primera información es exclusivamente para el poder indicarle al operador el estado de los sistemas, que le competen, como lo es el estado de la revoluciones del motor, indicadores de temperatura, entre otros. Si existe algun mal funcionamiento en el sistema relacionado con la operación, el monitor se encarga de informarle al operador por medio de una alarma sonora, para captar la atención y poder notificar al operador de la parte que se encuentra teniendo un mal funcionamiento; por lo regular están relacionados mal temperatura del motor, transmisión y sistema hidráulico.

El segundo se encarga, por lo regular, de enviar información acerca de cortos circuitos de la máquina, por medio de mediciones constantes de continuidad y falta de voltajes dentro de lo que es el sistema eléctrico de la máquina. La tercera es la más importante para el personal técnico, ya que esta parte del sistema de monitoreo electrónico tiene una sección dedicada exclusivamente al modo de servicio, en el cual se puede efectuar cambios de parámetros de potencia del motor, correr procedimientos de corte de inyectores, cambios en los parámetros de las computadoras y efectuar diagnósticos en función de las fallas presentadas al operador.

Para poder ingresar a este módulo se necesitan claves de acceso que solo el distribuidor tiene, ya que en este módulo del sistema de monitoreo resultan muy delicado los parámetros que se pueden cambiar, por lo que no se le puede dejar acceso a cualquier persona, puesto que pueden dañar la máquina, si no se sabe lo que se está cambiando dentro del sistema.

1.2.5. Definición de sistemas hidráulicos y electrohidráulicos

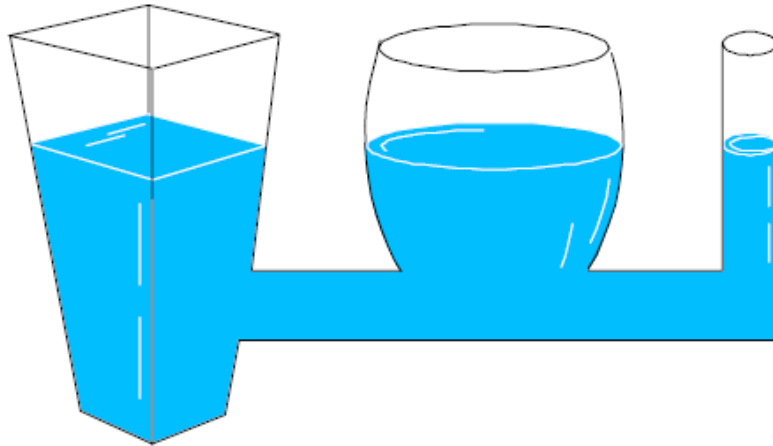
Estos son la combinación de los sistemas de Pascal con los sistemas eléctricos.

Todos sabemos que los principios de hidráulica básica se pueden demostrar al ejercer presión controlada a un líquido para realizar un trabajo. Existen leyes que definen el comportamiento de los líquidos en condiciones de variación de flujo y aumento o disminución de presión, por eso presentamos el principio básico de estas leyes que utiliza Caterpillar para fabricar sus sistemas hidráulicos y posteriormente sus sistemas electrohidráulicos.

El uso de los líquidos en los sistemas hidráulicos es porque entre muchas de las propiedades que tienen, presentan las siguientes ventajas para trabajar con ellos:

- Movimiento libre de sus moléculas. Los Líquidos toman la forma del recipiente que los contiene.
- Incompresibilidad. Los líquidos son prácticamente incompresibles.
- Ley de Pascal. Los líquidos ejercen igual presión en todas las direcciones.

Figura 30. **Ejemplo de líquidos en distintas formas**



Fuente: *Manual de entrenamiento básico de hidráulico de Caterpillar*. p. 80.

Los líquidos también fluyen en cualquier dirección al pasar a través de tuberías y mangueras de cualquier forma y tamaño. Los líquidos también fluyen en cualquier dirección al pasar a través de tuberías y mangueras de cualquier forma y tamaño.

- Principio de pascal

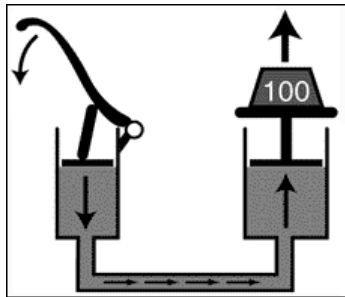
De acuerdo con la Ley de Pascal, “la presión ejercida en un líquido, contenido en un recipiente cerrado, se transmite íntegramente en todas las direcciones y actúa con igual fuerza en todas las áreas”. Por tanto, en un sistema cerrado de aceite hidráulico, una fuerza aplicada en cualquier punto, transmite igual presión en todas las direcciones, a través del sistema.

El Principio de Pascal fundamenta el funcionamiento de muchas máquinas conocidas como lo son: la prensa hidráulica, el sistema de frenos de un

automóvil, el sistema de un ascensor en un edificio y la grúas hidráulicas, entre otras.

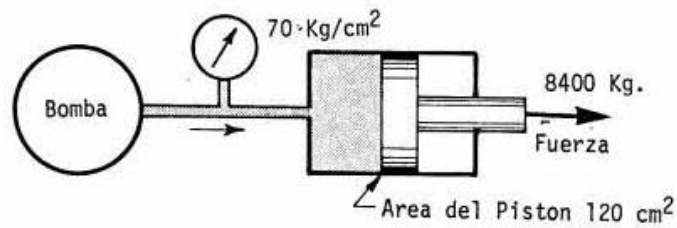
Cada una de las máquinas de movimientos de tierra basan su sistema hidráulico en el mismo Principio de Pascal, en cada una de sus partes principales para su funcionamiento.

Figura 31. **Principio hidráulico de una prensa**



Fuente: <http://members.fortunecity.es>. Consulta: abril de 2014.

Figura 32. **Funcionamiento de un cilindro hidráulico**



Fuente: <http://members.fortunecity.es>. Consulta: abril de 2014.

Generalmente la fuerza hidráulica se consigue empujando el aceite por medio de una bomba conectada a un motor, se transmite a través de tuberías metálicas, conductos, etc. y se proyecta en cilindros hidráulicos, motores, etc.

- Definición de presión

La presión es la fuerza de un líquido por unidad área y se expresa generalmente en kilo pascal. Existen varios tipos de presiones.

- Presión atmosférica: Presión ejercida por la atmósfera de la tierra. Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14,7 lb/plg² (101,35Kpa), disminuyendo estos valores con la altitud.
- Presión manométrica: Se mide por medio de un manómetro.
- Presión absoluta: Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absolutos. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas. La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

$$\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica.}$$

- Aceites lubricantes

Los aceites lubricantes se distinguen entre si, según sus propiedades o según su comportamiento en las máquinas. Debemos de conocer las

propiedades de los aceites lubricantes para poder determinar cuál utilizaremos según la misión que deba desempeñar.

Un buen aceite lubricante, a lo largo del tiempo de su utilización, no debe formar excesivos depósitos de carbón ni tener tendencia a la formación de lodos ni ácidos; tampoco debe congelarse a bajas temperaturas.

- ¿Cuál es la función de un lubricante?

Las distintas funciones que realiza un aceite lubricante son importantes para mantener las piezas libres de contacto.

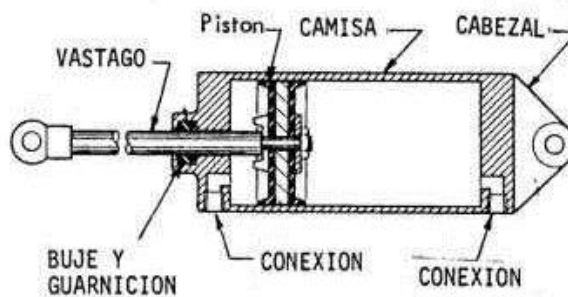
- Enfriar las zonas calientes del motor y de las piezas en movimiento.
 - Limpiar y proteger los órganos del motor.
 - Reducir los roces, es decir, facilitar la puesta en movimiento de todas las piezas del motor independientemente de las condiciones atmosféricas.
 - Proteger las superficies internas del motor contra la corrosión.
 - Los aditivos también aportan su contribución, principalmente los aditivos detergentes y dispersantes, los aditivos actúan contra la humedad y la corrosión.
-
- Cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos son unos agentes mecánicos que aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica.

Los cilindros hidráulicos son posiblemente la forma más habitual de uso de energía en instalaciones hidráulicas.

El cilindro es el dispositivo más comúnmente utilizado para conversión de la energía antes mencionada en energía mecánica.

Figura 33. **Esquema de cilindro hidráulico**



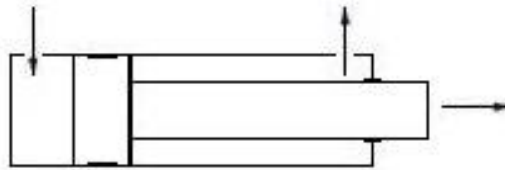
Fuente: <http://www.sapiensman.com>. Consulta: abril de 2014.

- Tipos de cilindros hidráulicos

Básicamente, los cilindros hidráulicos se definen por su sistema de desplazamiento en:

- Cilindros hidráulicos de simple efecto: la barra esta solo en uno de los extremos del pistón, el cual se contrae mediante resortes o por la misma gravedad. La carga puede colocarse solo en un extremo del cilindro.

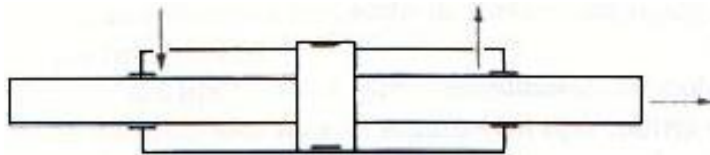
Figura 34. **Cilindro de simple efecto**



Fuente: <http://educ2.educ.udec.cl/ForosETP2.nsf>. Consulta: abril de 2014.

- Cilindros hidráulicos de doble efecto. La carga puede colocarse en cualquiera de los lados del cilindro. Se genera un impulso horizontal debido a la diferencia de presión entre los extremos del pistón.

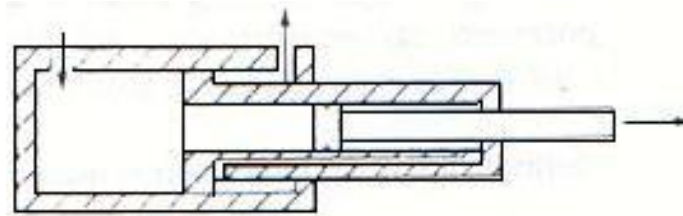
Figura 35. **Cilindro hidráulico de doble efecto**



Fuente: <http://educ2.educ.udec.cl/ForosETP2.nsf>. Consulta: abril de 2014.

- Cilindros hidráulicos telescópicos. Cilindro que contiene otros de menor diámetro en su interior y que se expanden por etapas, muy utilizados en grúas, etc.

Figura 36. **Cilindro hidráulico telescópico**



Fuente: <http://educ2.educ.udec.cl/ForosETP2.nsf>. Consulta: abril de 2014.

- Tarea realizada por los cilindros hidráulicos

La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia. Ocasionalmente a los cilindros se los llama "motores lineales".

- Criterio para el servicio de los cilindros.

La falla que presentan los cilindros hidráulicos es la pérdida de presión. Al realizar su trabajo, el cilindro pierde presión debido a la rotura de uno de sus sellos, así como algunas deformaciones. Cuando la barra del vástago se deforma hay que reemplazarla.

Algunas veces luego de romperse el sello del pistón y no darle la atención requerida al cilindro raya la camisa del mismo, hay que pulir la camisa por dentro, un rayón representa fuga de presión.

Figura 37. Brazo mecánico de excavadora



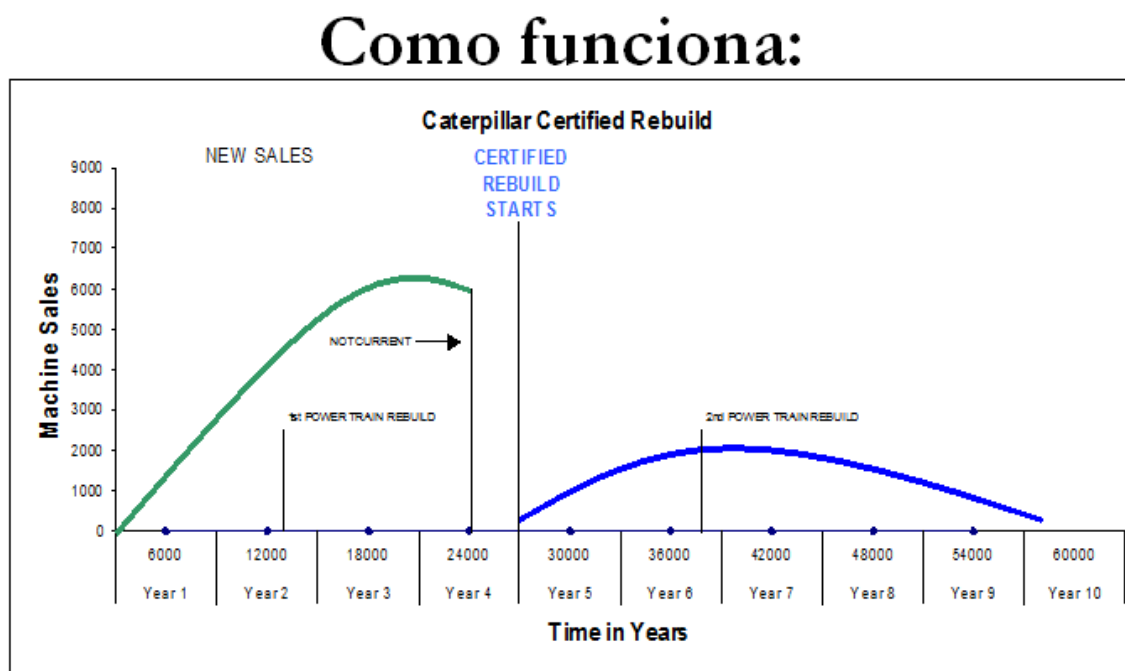
Fuente: [www..Cat.com](http://www.Cat.com). Consulta: abril de 2014.

1.3. Definición del programa de reconstrucción de maquinaria

Este es un nuevo concepto de rehabilitación de maquinaria que ya tiene varias horas de trabajo, proporcionándole al cliente una máquina reconstruida con una segunda vida útil para poder trabajar con garantía de una nueva, pero con un menor costo que una nueva, reutilizando los componentes de la máquina que aun se pueden reutilizar. Es un programa exclusivo de la marca Caterpillar.

Con este concepto, Caterpillar busca presentar una opción rentable a sus clientes, partiendo de la máquina con que la sus clientes ya cuentan, puesto que más del 60 % de la maquina es reutilizado nuevamente, reduciendo grandemente el costo de recuperación del equipo.

Figura 38. **Diagrama grafico del funcionamiento del programa**



Fuente: Caterpillar America

1.3.1. Definición de reconstrucción certificada Caterpillar (CCR)

La reconstrucción certificada Caterpillar es un proceso aprobado por Caterpillar para la reconstrucción de equipos. Los productos son reconstruidos, promocionados y vendidos por los distribuidores autorizados.

El proceso incluye requerimientos específicos tales como, partes que deben ser cambiadas bajo cualquier circunstancia, actualizaciones que deben ser instaladas, procedimientos que deben ser ejecutados y algunos chequeos de control de calidad que serán realizados durante y después de la Reconstrucción. Este equipo “Nuevo” será comercializado con una Identificación Caterpillar, incluyendo un Nuevo Número de Reconstrucción Certificada Caterpillar y la Garantía mínima que será cubierta por el Distribuidor Autorizado.

El propósito del programa es demostrar el valor superior de Caterpillar. Una forma de lograr esto es demostrando como un equipo Caterpillar tiene una segunda vida útil. Por muchos años, la superior durabilidad de nuestros equipos a sido reconocida por los usuarios, aunque nunca hemos identificado explícitamente la “Segunda Vida” que nuestros equipos tienen, como una ventaja mas de la relación Costo / beneficio que se tiene con un equipo CAT. Además, la Guía de Caterpillar tiene previsto proveer un amplio marco de procedimientos para la Reconstrucción de Equipos Caterpillar, para lograr altos estándares y fomentar un alto nivel de eficiencia en la reconstrucción.

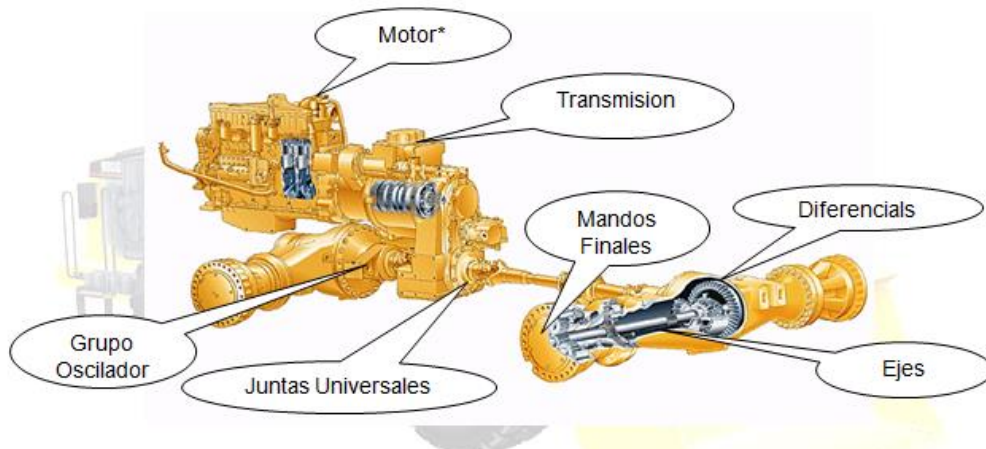
1.3.2. Componentes que incluye la reconstrucción CCR

Existen componentes que deben ser reemplazados por regla general del programa y otros que son reparados:

Componentes que son reemplazados: Sellos, empaques, cojinetes, bujes, líneas de freno, seguros, mangueras hidráulicas, indicadores, filtros, alternador, motor de arranque, entre otros.

Componentes que son reparados: motor de combustión interna, transmisión hidráulica, convertidor de torque, mandos finales, ejes diferenciales, controles hidráulicos y bombas hidráulicas. Estos componentes se reparan y se reemplazan sus partes de acuerdo a las guías de reusabilidad de partes que tiene establecido Caterpillar para cada componente.

Figura 39. **Diagrama de componentes del tren de potencia a reconstruir en el programa**



***Incluye** las partes esenciales para su funcionamiento, bomba de combustible, de aceite y de agua, turbo, etc.. **No incluye** radiador, ventilador, alternador, estarter, compresor de A/C, accesorios.

Fuente: *Programa de reconstrucción de Caterpillar*. p. 63.

1.3.2.1. Requisitos para hacer válida la reconstrucción ante Caterpillar

Los requisitos con los que deben cumplir la máquina para poder cumplir con el Programa de Reconstrucción Certificada son:

Los equipos deben ser reconstruidos únicamente por el Distribuidor Certificado por Caterpillar y no por terceros.

- Solamente se deben de usar repuestos Caterpillar.
- Ciertas partes siempre deberán de ser cambiadas. Estas están especificadas en los Manuales de Referencia de Partes para Reconstrucción Certificada Caterpillar (Caterpillar Certified Rebuild Parts Reference Books).
- Se deberá desarmar completamente la máquina y luego reacondicionar todos los aspectos como se especifica en la Orden de Trabajo.
- Los Sistemas de la Maquina siempre deberán de ser reacondicionados de acuerdo con los Estándares de Reparación de Caterpillar, las Guías para el Re-utilización de partes deben ser seguidas (Reusability Guidelines).

1.3.2.2. Como se determina, define y reconstruye una máquina con el programa CCR

La máquina primeramente es sometida a una inspección visual, la cual primeramente es efectuada por personal de soporte al producto, seguidamente se procede a hacer una inspección del chasis para determinar si este está en óptimas condiciones para resistir una segunda vida de la máquina.

A sí, mismo se procede a determinar qué componentes son necesarios reconstruir (si un componente ha sido reparado recientemente por personal de Gentrac, este puede omitirse en la reconstrucción, pero se le puede dar la misma garantía). Tendiendo bien claro los componentes que se deben reparar, se consulta en el sistema de Caterpillar para determinar si existen algunos

cambios o actualizaciones para este modelo (mejoras mecánicas y estéticas de la máquina).

Luego es necesario efectuar un presupuesto (reparaciones y actualizaciones) para determinar el costo de la reparación para poder presentarlo al cliente y definir la reconstrucción.

Cuando la máquina ha sido reconstruida, esta debe ser reportada a Caterpillar para poder gozar de todos los beneficios de la reconstrucción, beneficios como las garantías especiales de este programa.

1.3.3. Definición de reconstrucción certificada de tren de potencia (CPT)

Esta reconstrucción del tren de potencia, es recomendada a media vida de la máquina, con el objetivo de que la máquina reciba una reparación del tren de potencia, logrando con esto que la máquina se mantenga siempre la mayor cantidad de horas trabajando para poder obtener el mayor provecho de la máquina. La gráfica muestra un ejemplo de cómo se pueden trabajar las reconstrucciones CCR y CPT intercaladas para una máquina.

Figura 40. Diagrama gráfico de utilización de los programas para una máquina



Fuente: Programa de Reconstrucción de Caterpillar. p. 26.

1.3.4. Componentes que incluye la reconstrucción certificada del tren de potencia (CPT)

Los componentes que incluye básicamente esta reconstrucción son los siguientes:

- Motor de combustión interna
- Convertidor de torque
- Servo transmisión
- Eje diferencial trasero

- Eje diferencial delantero:
 - Mandos finales
 - Enfriador de aceite de la transmisión

Es importante recalcar que cada uno de estos componentes deben ser reparados por el distribuidor y deben ser reacondicionados en base y cumplimiento de las guías de reusabilidad de partes que tiene cada uno de los componentes, logrando con esto que las reparaciones tengan un costo más bajo, para garantizar la rentabilidad del programa.

1.4. Herramientas especiales utilizadas en las reconstrucciones

Durante la realización de proyecto fue necesario utilizar herramientas especiales, para garantizar el correcto

1.4.1. Definición de banco de pruebas de motores (dinamómetro)

Este es un equipo que se utiliza en los motores con el objetivo principal de comprobar el funcionamiento correcto del motor, este se encarga de efectuar un freno al volante del motor, logrando con esto que el motor demuestre la cantidad de caballos de fuerza y torque que puede entregar a determinadas revoluciones.

Si un motor presenta problemas durante la prueba del dinamómetro, este debe ser desarmado y corregido el problema hasta que cumpla con las especificaciones de fábrica determinadas para el motor que este sometido a prueba.

Los problemas que se pueden presentar son diversos, como lo pueden ser: problemas de calentamiento, pérdidas de presión de aceite, fugas de aceite, fugas de agua, fugas de gases de escape, etc.

Hasta que el motor cumpla con los requerimientos de funcionamiento especificados, este permanecerá en el dinamómetro en reparaciones, una vez logrado el objetivo, el motor se da por terminado.

1.4.2. Definición de banco de pruebas de transmisiones y bombas hidráulicas

Al igual que el dinamómetro, este equipo se encarga de someter a pruebas el componente reparado, hasta garantizar su óptimo funcionamiento. A diferencia del dinamómetro, este banco es capaz de efectuar pruebas a las transmisiones hidráulicas y los componentes principales del sistema hidráulico (bombas y motores hidráulicos).

Este equipo cuenta con medidores de flujo, manómetros de diversas medidas, así mismo una parte mecánica donde es acoplada al banco para proporcionar la fuerza motriz a la bomba, así mismo cuenta con restrictor de presión, para efectuar el simulacro de que la bomba está conectada al sistema y recibe señales que le permiten efectuar compensaciones de presión de ser necesarios, logrando que la bomba sea probada en diversas circunstancias hasta ser instalada en la máquina y garantizar su óptimo funcionamiento.

De igual manera sucede con las transmisiones, la transmisión debe ser acoplada al banco para poder comprobar el funcionamiento de los cambios de velocidades, presiones hidráulicas y lubricación de la misma. Obviamente, el

tiempo que lleva comprobar el correcto funcionamiento de una bomba es mucho más corto.

1.4.3. Definición de banco de pruebas de cilindros hidráulicos

Al igual que los otros dos bancos, este es un banco en el cual se puede efectuar, no solo pruebas, sino también reparaciones menores a los cilindros hidráulicos; en este banco los cilindros puede ser desarmados y reparados, adicional se le pueden efectuar pruebas de funcionamiento, para garantizar el buen funcionamiento del componente.

Este banco es capaz de efectuar pruebas a todo tipo de cilindro hidráulico, no importando el tamaño ni la ubicación dentro de la máquina.

1.4.4. Definición de programas de asistencia electrónica (ET)

Gracias al avance de la tecnología, hoy en día todas las máquinas de Caterpillar cuentan con la asistencia electrónica, es decir que cuentan con computadoras que gobiernan cada uno de los componentes principales, componentes como lo son el motor de combustión interna, servo transmisión, sistema hidráulico.

Estas computadores registran valiosa información del comportamiento de la máquinas, información de temperaturas, lubricación, calentamiento, entre otras, logrando que se pueda solicitar el máximo rendimiento de la máquina, como son las computadoras pequeñas, estas pueden ser monitoreadas con programas externos que ayudad a poder tener acceso a la información de la máquina, haciendo esto de manera mas fácil y rápida al momento de estar trabajando la máquina.

Estos asistentes vienen a simplificar las reparaciones, puesto que podemos denotar los componentes que no están trabajando correctamente, y lograr que la máquina opere correctamente.

1.5. Procedimiento de ingreso de maquinaria Taller Central antes de desarmar las máquinas

Caterpillar establece que para poder ingresar una maquina a cualquier trabajo, esta debe ser lavada ubicada y luego evaluada, dependiendo del tipo de trabajo al que viene.

1.5.1. Lavado de la máquina

Toda máquina que ingresa a las instalaciones debe de cumplir ciertos estándares de limpieza antes de ingresar a los lugares de desarme, por lo cual Gentrac cuenta con un área especial en la cual la máquina es completamente limpia antes de ingresar al taller y posteriormente ser desarmada. En esta área la máquina es sometida a una limpieza exhaustiva de toda la máquina, pero colocando más énfasis en el área del rodaje o las partes que tienen contacto con el suelo, puesto que son las áreas más sucias, adicional si la maquina trae una fuga especifica de lubricante, el área es limpiada con mayor esmero, con el objetivo de que cuando se ponga a funcionar la máquina sea más fácil el poder determinar el lugar de donde proviene dicha fuga.

Una vez terminado el proceso de lavado, la máquina puede proceder a ser ingresada al taller y al área donde será diagnosticada o reparada, según sea el caso.

1.5.2. Ubicación de la máquina

Dependiendo del problema que la máquina presente así será el área que se le asigne, puesto que el taller cuenta con diversos equipos en cada área, equipo que tiene que ver con la capacidad de levante, como lo son las grúas, ya que se cuenta con grúas de hasta 3 toneladas de capacidad, por esta razón se debe asignar la mejor área para poder aprovechar de mejor manera el recurso.

En algunas ocasiones el área a asignarle a la máquina, dependerá de las fallas que presente la máquina, como lo pudiera ser de que la máquina no funcione el motor o no camine, en estos casos se le asigna el área más cercana al área donde se descargue, mientras se pueda habilitar la máquina para poder darle un ingreso correcto a las áreas designadas.

1.5.3. Pruebas de diagnóstico TA-2 máquina

Posteriormente de asignarle la mejor ubicación posible a la máquina, esta debe ser sometida a unas pruebas de diagnóstico específicas, esto se efectúa a todas las máquinas que serán reconstruidas, puesto que este tipo de pruebas nos permitirán saber más sobre el estado de cada uno de los componentes principales de la máquina como lo es el motor de combustión interna, el sistema hidráulico y la caja automática, así mismo nos ayudará a tomar una decisión de que componentes necesitarán ser reconstruidos con mayor empeño, adicional nos sirve tener una mejor idea del costo total de la reconstrucción, puesto que del estado de los componentes dependerá su costo de reparación.

Entre las pruebas que se efectúan, está la prueba al motor, es una prueba con el motor instalado en la máquina, al motor se le instalan indicadores,

medidores de presión, medidores de temperatura, todos externos para poder obtener las medidas de presión, temperatura, revoluciones, fuga de gases de escape, entre otros datos, así mismo se efectúa una inspección visual de los componentes del motor, así podemos determinar si existen fugas por el motor, para luego hacer un reporte indicando los hallazgos de dichas pruebas y sus recomendaciones.

El sistema hidráulico es sometido a pruebas similares, en las cuales se pretende obtener información de presiones, caudal de entrega de las bombas y fugas del sistema, con el mismo objetivo de tener una vista más clara de los componentes que necesitan ser reparados y determinar un valor más exacto de su reparación antes de desarmar los componentes.

La caja automática también es sometida a las pruebas de presión de aceite en cada una de las velocidades, logrando determinar si esta es necesaria reparación y en que componentes internos, previo a ser desarmado el componente, al igual que en cada uno de los compartimientos anteriores estas pruebas nos dan una mejor vista del costo de la reparación. Así mismo es inspeccionado toda la máquina en general solo la parte mecánica sino también la parte cosmética de la máquina.

Al final de todas y cada una de las pruebas, todos los resultados son resumidos en un informe que lleva tanto las recomendaciones técnicas como lo son las de cosméticos, como el estado del sillón, vidrios rotos, etc.

Con este informe se procede a determinar que componentes deben ser reparados y reparados con mayor detalle. También se utiliza como punto de comparación al final de la reconstrucción para comparar con los componentes ya reparados.

1.6. Procedimiento de desarmado y armado de componentes en Taller Central

Todo componente que removido de una máquina se debe apegar a los procedimientos específicos que muestra el manual de servicio en el cual se indica cuales deben de ser las herramientas sugeridas por el fabricante, tomando en cuenta que es un distribuidor, este debe tener la herramienta indicada en cada manual, si en determinado momento no se cuenta con el equipo indicado por el fabricante, se ve la opción de utilizar alguna otra herramienta que sea similar, tomando el criterio y autorización previa del supervisor inmediato.

1.6.1. Desmontaje y montaje de motor de combustión interna

El taller Central se encargará específicamente de remover los componentes. Para poder remover el motor primeramente se debe de retirar los fluidos como lo son agua y aceite del motor, para evitar derrames en el área de trabajo, posteriormente se deben desmontar componentes periféricos como lo son guardas, mangueras, tornillos y abrazaderas que pudieran impedir la remoción del motor. Posteriormente el motor es enganchado con balancín, para poder ser levantado por la grúa con la que cuenta dicha área, al estar balanceado la carga se utiliza la grúa eléctrica para poder ir levantando el motor e irlo desacoplando de la caja automática, este procedimiento debe hacerse con mucho cuidado ya que al extraer el motor pudiera dañar componentes que están cercanos al mismo; adicional se debe cuidar que este no pueda efectuar ningún daño a los técnicos que están efectuando la tarea.

Una vez removido el motor, este es transportado al área de lavado del taller de especialidades donde será evaluado y reparado.

1.6.2. Desmontaje y montaje de la transmisión automática

Dependiendo de la máquina, así será el grado de complicación para desmontar la transmisión o caja automática. En algunos caso esta sale más fácil después de haber desmontado el motor de combustión interna, pero en algunos casos se complica puesto que por lo regular la transmisión se encuentra debajo de la cabina, por lo que primero es necesario el remover la cabina del operador para poder tener acceso a la caja automática. Pero en cualquiera de los casos esta debe primeramente ser desconectada de los ejes cardanes que transfieren la fuerza a los ejes, adicional mente extraerle el aceite en su totalidad, desconectar las líneas de enfriamiento de la caja líneas de llenado de aceite, cumpliendo con estos casos se procede a engancharla con el balancín para poder ser levantada por la grúa eléctrica y poder extraerla con mayor facilidad de la máquina.

De igual manera que el motor de combustión interna, este componente se lleva al área de lavado del otro taller para continuar con el proceso de reparación de la misma.

1.6.3. Desmontaje y montaje de la bomba y controles hidráulicos

Para poder proceder a remover componentes hidráulicos es necesario primeramente el liberar cualquier presión hidráulica que pudiera contener dentro del sistema, puesto que si no es liberada esta presión pudiera ocasionar daños al técnico que está efectuando el desmontaje del componente.

Esto se logra pasando las palancas de accionamiento en la cabina por todas las posiciones con el motor apagado, esto nos garantizará que no exista

ninguna presión, dentro del sistema, así mismo se debe tomar muy en cuenta el remover el aceite hidráulico, después de liberar la presión para evitar derrames de aceite, ya que por lo regular contienen alrededor de 30 a 40 galones en el sistema.

En el caso de la bomba, se desconectarán todas las mangueras que llegan a ella, principalmente con la manguera que viene directamente del tanque hidráulico, además se deben desacoplar del tren de engranes donde toma su fuerza motriz para ser impulsada, posteriormente debe ser enganchada con la grúa eléctrica para ser removida de la máquina.

En el caso de los controles hidráulicos, se debe tener mucho cuidado primeramente de tener un recipiente donde recibir aceite que puede salir de las mangueras hidráulicas, puesto que a pesar de que el tanque haya sido drenado, las líneas siempre se quedan llenas; por esta razón se debe tener un recipiente para recibir el aceite de cada una de las mangueras hidráulicas; al ser removidas cada una de las líneas hidráulicas, es factible el remover el control hidráulico.

La máquina cuenta con actuadores hidráulicos, más conocidos como cilindros hidráulicos; para poder desmontarlos es necesario primeramente asegurar el cilindro hidráulico a la grúa, puesto que al remover los pines el cilindro quedará suspendido en el aire, posteriormente se remueven las líneas hidráulicas, al removerlas es necesario tener un recipiente donde caiga el aceite que sale de las líneas o del mismo componente hidráulico, para evitar derrames de aceite no deseado.

Al remover los pines principales (pines de hasta 4 pulgadas de diámetro), por lo regular se deben remover empujándolos hacia un lado, en algunos casos

es necesario el golpearlos con almágana de 12 libras para removerlos; al remover los pines el cilindro está listo para ser levantado por la grúa y llevado a reparación.

1.6.4. Desmontaje y montaje de ejes de tracción

En el caso de los ejes de tracción estos debe ser removidos con equipo de carga especiales ya que estos componentes son muy pesados, por eso es necesario utilizar las grúas de mayor capacidad, así mismo las herramientas de enganche adecuadas para poder cargarlo de manera segura. Como es un componente muy pesado, este debe ser desmontado y colocado en una base con ruedas para poder maniobrarlo posteriormente, al ser desmontado de la máquina.

Se debe tener mucho cuidado de haber desconectado el sistema de tuberías de freno que se tienen equivocación en la parte superior del eje, ya que estas son fáciles de dañarse en la maniobra; los mismo cuidados se deben tener al momento de instalar nuevamente el componente ya reparado, ya que debe tratarse con sumo cuidado para no dañar el componente ya reparado.

1.6.5. Desmontaje y montaje de convertidor de torque

Como este componente está directamente conectado al motor, en muchas ocasiones este sale sin mayores complicaciones junto con el motor; sin embargo hay que tener mucho cuidado con los componentes periféricos que tiene el convertidor de torque como lo es la válvula de alivio de aceite del convertidor, puesto que durante la remoción del componente este se puede dañar e incluso, quebrarse en la manipulación, mientras se extrae el convertidor.

En otros casos, el convertidor se puede sacar por separado, pero debe tomarse en cuenta que existe muy poco espacio, por lo que los cuidados son más estrictos, pues los componentes, tanto hidráulicos y electrónicos, pasan a escasos centímetros, por lo que se debe tener mayor cuidado al removerlo. De la misma manera se debe instalar ya reparado el convertidor de torque.

1.7. Procedimiento de reparación de componentes principales en la reestructuradora Remosa

Primeramente, cada uno de los componentes que ingresan a la reestructuradora, deben ser previamente lavados nuevamente, esto con el fin de reducir la contaminación en el área, garantizando que el componente se encuentre lo más limpio posible.

Figura 41. **Interior del taller de Remosa**



Fuente: elaboración propia.

1.7.1. Reparación del motor de combustión interna

Primeramente el motor es desarmado utilizando el manual correspondiente al motor en mención, esto nos lleva a que el técnico tenga bien claro lo que debe de hacer así mismo la herramienta que necesita para lograrlo. El motor se procede a desarmar y esta, a su vez, se continua desarmando por partes, es decir que los componentes, como la culata del motor, bomba de agua, bomba de inyección, block de cilindros, turbo alimentador y los pistones serán desarmados por separado y estos, a su vez, serán desarmados en otras sub áreas donde estos serán evaluados.

Posteriormente a que cada uno de los componentes es desarmado, se procede a ser evaluado; esta evaluación se debe efectuar comparando los componentes con las respectivas guías de reusabilidad de partes que se tiene para cada componente, esto nos lleva a que cada componente sea evaluado de una manera personalizada, logrando con esto que sea bien evaluado y que las piezas que sean solicitadas para su reemplazo sean las menores posibles y que se reutilice la mayor cantidad de piezas, apegándose con las guías de reusabilidad de partes.

Posteriormente, cuando las piezas son recibidas para poder iniciar a armar el motor este se arma por partes, es decir que cada subárea que evalúo el componente, repara las partes por separado, hasta lograr tener todos y cada uno de los subcomponentes reparados; el ensamblaje del motor se inicia, logrando con esto que el tiempo de armando del motor sea más efectivo.

Mientras se están reparando los componentes en otras subáreas, el *block* de cilindros está siendo armado y mientras se avanza con los componentes, estos son instalados según indique el manual; al ser instalados los

componentes en su totalidad, este motor debe sincronizar cada uno de sus componentes (tren de engranes), esto nos garantizará que el motor deberá arrancar a la primera.

Justo en el momento en que el motor se encuentra completamente armado, este es ingresado, al cuarto del dinamómetro o banco de pruebas para motores. Para poder ingresarlo este se coloca en unas bases especiales en las que se encadena el motor a la base del bando y este se acopla por la parte trasera del volante al dinamómetro; en palabras sencillas, el dinamómetro se encarga de frenar el motor, esto lleva a que el motor pueda sentir la carga de trabajo como si estuviera en la industria trabajando de forma normal, esta prueba puede durar hasta 3 horas, tiempo en el cual se puede detectar algunas fallas, fugas de aceite, fugas de agua y fugas de gases de escape.

Así mismo se puede determinar si entregó la cantidad de torque para el cual esta diseñado, esta comparación se compara con la hoja de especificaciones que se obtiene de fábrica, esta hoja muestra cada una especificaciones con las que este motor salió de fábrica, es decir que debe de cumplir con estas especificaciones, si estas no son cumplidas, el motor es desarmado nuevamente y reparado el componente que esté fallando hasta que el motor entregue la cantidad de torque que especifica la fábrica para dicho motor.

Una vez terminada y aprobada la prueba, este motor es nuevamente lavado y empaquetado, listo para ser instalado por el Taller Central.

1.7.2. Reparación de la transmisión automática

De igual manera que el motor, la transmisión automática es lavada nuevamente para proceder a ser desarmada, esta transmisión es desarmada en tres grandes partes, tren de engranajes, paquete de velocidades y el control hidráulico, posteriormente es desarmado y evaluado por separado, el tren de engranes es la parte que lleva la mayor parte de engranajes grandes, encargados de transferir la fuerza hacia el eje de salida, que es donde se conecta el eje cardán hasta llegar al eje de tracción.

Cada una de las piezas de tren de engranes es evaluado minuciosamente para determinar si no tiene grietas en los dientes de los engranes, así mismo se evalúan los cojinetes de bolas para determinar si es necesario su reemplazo, posterior a la evaluación se determina cada una de las piezas a reemplazar, siempre apegados con las respectivas guías de reusabilidad de parte de fábrica.

Seguidamente se procede a desarmar y evaluar el paquete de velocidades, este componente es el que contiene la mayor cantidad de piezas, piezas como lo son cojinetes, engranajes, pistones, discos, etc. Este es desarmado según nos guía el manual de desarmado y armado específicamente, conforme es desarmado se puede ir evaluando los componentes que necesitan ser reemplazados, por lo regular se reemplazan todos los sellos de los pistones y los cojinetes, ya que estos son los que más sufren al estar trabajando.

Los discos son evaluados con la guía y se determina la cantidad de discos a reemplazar. Por último y no por eso menos importante, se desarma el control hidráulico, este es el componente más delicado ya que es el que se

encarga de controlar el flujo hidráulico dentro de la transmisión, al evaluarlo se debe primeramente marcar la posición en la que se saca cada componente para no tener problemas o conflictos al armar el control.

Entre las evaluaciones que se efectúan al control hidráulico está la prueba de tensión de los resortes de las diversas válvulas que lleva internamente el control hidráulico, válvulas como la válvula de alivio, válvula de carga, válvula selectora de velocidad y la válvula selectora de dirección, todas estas están instaladas internamente dentro del control hidráulico y cada una se evalúa por separado y se almacenan por separado para no confundir sus componentes, ya que cuentan con componentes similares entre ellas.

Al tener los componentes a reemplazar, se procede a armar la transmisión automática, al igual que cuando se desarmó esta es armada en los mismos tres grupos, iniciando por el tren de engranes, a este se le reemplazan los cojinetes y se les ajusta la precarga de cojinetes en cada uno de los que tenga, esto es efectuado micrómetro de carátula, posteriormente se procede a armar el paquete de velocidades; en esta parte del armado se debe tener cuidado en la colocación del los sellos de los pistones. Ya que de la buena colocación de estos sellos depende que la caja quede trabajando de la mejor manera, así mismo se arman los caries(tren de engranajes menores) por separado para ensamblarlos en el paquete de velocidades. Estos no llevan calibraciones, ya que son cojinetes de agujas.

Al finalizar de armar el paquete de velocidades, se procede a efectuar una prueba de funcionamiento con aire a presión, esta se efectúa por medio de las entradas por donde el control de válvulas envía el aceite hacia los pistones para accionar las velocidades, al suministrarle el aire a presión los paquetes de velocidades deben enganchar, si estos no enganchan, es necesario desarmarla

nuevamente para revisar si el sello se dañó durante la instalación, si todas las velocidades funcionan correctamente, se procede armar el control de válvulas.

Para armar el control de válvulas, se procede de la misma manera en que se desarmó, se arman primeramente las calculas por separado, reemplazando sus respectivos sellos y los resortes que sean necesarios, como parte final pues son instalados en el cuerpo de válvulas. Es importante lubricar con aceite cada una de las partes móviles del control, ya que cuando se pone en funcionamiento, este se encuentra sin lubricación por un breve lapso; esta película de aceite que se le coloca cuando se arma sirve para evitar que se dañen prematuramente los componentes.

Al tener armado los tres componentes, simplemente estos se acoplan entre si para finalizar el armado de la transmisión. Como parte de los procedimientos normales de trabajo de una caja reparada en la agencia, esta es sometida al banco de pruebas de transmisiones. Al ser acoplada a este banco de pruebas se puede poner en marcha para verificar el correcto funcionamiento de dicha transmisión automática. Al ser acoplada, se le suministra lujo hidráulico y se puede simular los cambios de dicha transmisión, esto nos lleva a poder verificar si está trabajando correctamente, de tener algún problema con la caja, esta se ajusta de acuerdo a las especificaciones del manual o si es necesario esta es desarmada en su totalidad, hasta encontrar la falla y ser corregida; posteriormente, es sometida nuevamente a la prueba hasta estar satisfechos con su funcionamiento. Para finalizar es almacenada y sellada con plástico protector, para evitar que se contaminen sus partes con polvo, lista para ser instalada o entrega al cliente.

1.7.3. Reparación de bomba, controles y actuadores hidráulicos

Siguiendo con los mismos estándares de control de contaminación estos componentes también son lavados antes de ser desarmados, iniciando por la bomba hidráulica; esta es marcada y desarmada, dependiendo si es una bomba de engranajes o es una bomba de pistones, así será el procedimiento de desarmado, en nuestro caso es una bomba de pistones, la cual se inicia desmontando los componentes periféricos, como lo son las válvulas de carga y alivio, que están en la parte externa. Estas válvulas son desarmadas y evaluadas por separado; posteriormente se procede a desarmar el cuerpo principal de la bomba donde se encuentran los pistones y el barril.

En estas piezas, que son las principales en este tipo de bomba, se evalúan los pistones y el barril, para determinar si estos aun pueden continuar trabajando o es necesario reemplazarlos, así mismo se efectúan pruebas de presión al resorte principal del barril, como son componentes que contienen piezas de desgaste, estas deben ser evaluadas cuidadosamente para verificar si estas pueden continuar trabajando después de reparada la bomba.

Para proceder a armar la bomba hidráulica, es necesario revisar nuevamente los componentes que se están reutilizando para estar seguros que estos pueden ser reutilizados, esto comparando con la guía de reusabilidad de partes.

Primeramente se inicia armando el barril con sus juegos de pistones, posteriormente se colocan los cojinetes y se calibran los máximos ángulos que puede tomar el plato de ajuste, estos topes controlan tanto el máximo como el mínimo ángulo que puede tomar los pistones, ya que si no se calibran

correctamente podría darse un daño catastrófico dentro de la bomba; una vez finalizados las calibraciones se procede a cerrar la bomba con sus componentes internos y solo queda colocar las válvulas externas para finalizar su reparación.

Posteriormente, es sometida al banco de pruebas de bombas; en este banco se acopla la bomba y se hace girar a medida que este genere caudal, caudal que es medido por medio de un medidor de flujo, para verificar si el caudal entregado es el correcto, si este no fuera el correcto, se verifican los ajuste de máximo y mínimo ángulo de los pistones, si con estos ajustes se corrige, se da por reparada y probada la bomba. para finalizar solo se empaqueta para estar lista y ser instalada.

En relación con los controles hidráulicos, en nuestro caso lleva un control piloto y un control principal. Como regla general para todo tipo de control hidráulico este debe ser marcado para no perder las posiciones de cada uno de sus componentes, esto debido a que por lo regular llevan muchas piezas (válvulas, carretes, resortes, asientos cónicos), que solo llevan una posición en el control hidráulico; por esta razón es necesario marcar sus posiciones.

Por lo regular, en los controles hidráulicos se reemplazan solo sellos, resortes y, salvo en algunos casos muy severos, se reemplazan carretes, estos solo si tienen rallones muy profundos, pero son casos muy específicos. En resumen, estos solo se empaquetan para evitar fugas externas e internas, al ser reparados son empaquetados para ser almacenados mientras son instalados, esto, para evitar contaminación por polvo dentro del componente.

En el caso de los actuadores hidráulicos, hablaremos específicamente en los cilindros de levante y dirección, que son los actuadores hidráulicos que tiene

la máquina en mención, estos cilindros son desarmados en el banco de cilindros especial para desarmarlos; por lo regular, estos no llevan mayor ciencia desarmarlos ya que por llevan una sola tuerca externa y un perno o una tuerca en la barra. Al ser desarmado se evalúa la barra y la camisa del actuador, esto, buscando posibles rayones profundos que pudiera tener, ya que estos producen fugas, tanto internas como externas de presión hidráulica; por lo demás solo se le reemplazan los sellos al actuador.

Una vez se tengan los repuestos se reemplazan los sellos y este es nuevamente armado, con la diferencia que estos son sometidos a un banco de pruebas donde se le introduce aceite al cilindro para verificar su correcto funcionamiento, es decir que la barra salga e ingrese correctamente dentro de la camisa del cilindro, si esto no funciona correctamente, el cilindro es desarmado nuevamente para corregir la falla.

1.7.4. Reparación de ejes de tracción

En el caso de los ejes que son componentes bastante grandes, estos son desarmados en el área de Taller Central, puesto que es aquí donde se cuenta con grúas de mayor capacidad para poder maniobrar; estos componentes pesados, como en los casos anteriores y por controles de contaminación dentro de todos los talleres estos componentes, son lavados previamente antes de ser desarmados.

Para desarmarlos se procede removiendo la parte de los mandos finales que son las partes de los extremos donde son acoplados los neumáticos, estos son evaluados ya que por lo regular son reemplazados los cojinetes que tienen y los retenedores puestos que, si el mando final es un conjunto de engranajes, se encargan de transferir la fuerza motriz a los neumáticos y los cuidados para

reacondicionarlos es basado en el estado de desgaste de los cojinetes y los engranajes, siempre teniendo como base las guías de reusabilidad de piezas para poder tomar una decisión para su reemplazo o reutilización.

Continuando con la reparación del conjunto del eje, posteriormente se remueve el diferencial, el cual es el que recibe la fuerza que viene de la caja automática y se encarga de transferirla al mando final. Este diferencial, cuenta con dos partes principales, en las que se concentra toda la tensión: el piñón y la corona, ya que del tipo de desgaste de estos dos componentes se determina el costo de la reparación de dicho componente, aunque por lo regular solo requiere cambio de cojinetes y un buen ajuste entre el piñón y la corona, así mismo también el reemplazo de los cojinetes y el ajuste de precargas de cojinetes, ya que son cojinetes cónicos. También el reemplazo o la reutilización de estos componentes es basado en guías de reusabilidad de partes específicas.

Las partes de los dos mandos finales y el diferencial están armados y ajustados; estos son armados en una sola pieza para formar el Eje de tracción; el mismo proceso se utiliza para los dos ejes de tracción con las que cuenta nuestra máquina, quedando así reparados los dos ejes, están listos para ser instalados en la máquina.

1.7.5. Reparación del convertidor de torque

Este es un componente específico que es el responsable de multiplicar el torque que sale del motor y es llevado hacia la caja automática, por esto es muy importante el poder repararlo y tenerlo en óptimas condiciones. Para poder desarmarlo es necesario el iniciar marcando las piezas principales, como lo son la turbina, *estator* e *impeler*. Al desarmar estas piezas se verifica el estado de

los mismos ya que por lo regular estos trabajan a una muy escasa distancia (1 milímetro) por lo que cualquier desalineación en estos componentes se considera como catastrófico para el convertidor. De igual manera que en todos los casos anteriores, se cuenta con una guía de reusabilidad de partes para los convertidores de torque, guías que nos muestran con fotografías, casos de piezas que se si puede reutilizar como las que es necesario reemplazar.

Ya con los repuestos se procede a ensamblar el convertidor, poniendo mucho cuidado en la instalación y fijación de la turbina, *estator* e *impeler*, puesto que de estas tres piezas depende la vida útil de convertidor y su correcto funcionamiento, una vez que estas tres piezas están fijadas en su posición son ensambladas y con ellas se fijan y se les aplica su respectivo torque a más de cien tornillos que son los encargados de mantener estas piezas en su lugar. Una vez, correctamente instaladas, son colocadas en su carcasa para esperar ser instaladas entre el motor y la caja automática.

2. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL CARGADOR FRONTAL R1600G

El desarrollo e implementación de este programa de reconstrucción de maquinaria marcó para Gentrac una nuevo concepto en servicio y todo un nuevo desafío, ya que nunca se había reparado una máquina en su totalidad como lo requiere este nuevo programa, ya que no solo está en juego el prestigio del distribuidor (Gentrac) sino también la del fabricante(Caterpillar) puesto que esta reconstrucción cuenta con una garantía respaldada por el fabricante, pero utilizando recurso humano e infraestructura del distribuidor.

El proyecto llevó varios procesos que condujeron al desarrollo e implementación de este tipo de reparación, procesos que detallaremos paso a paso de todo el proceso. Durante el proceso fue necesario utilizar mucho recurso humano, entre los cuales participaron técnicos, soldadores, lavadores, pintores, electricistas, especialistas en áreas específicas, supervisores, etc. Así mismo fue necesario utilizar casi en su totalidad todas y cada una de las áreas con las que cuenta Gentrac, para poder lograr la meta de poder desarrollarlo e implementarlo.

2.1. Proceso de desmontaje y montaje de piezas en taller central

El proceso de desmontaje y montaje de las piezas principales estuvo a cargo del taller central, así mismo fue el lugar donde la máquina fue desarmada en su totalidad para poder reacondicionar todos y cada uno de los componentes que están contemplados en la reconstrucción. Inicialmente se procedió a

remover los componentes grandes como lo fue la parte de la caja de carga, puesto que el peso excedió la capacidad de las grúas eléctricas. Para poder removerlo fue necesario subcontratar a otra empresa para que efectuara dicho movimiento con una grúa de 30 toneladas.

Con la uso este componente fue relativamente más fácil removerlo aunque durante el proceso de remoción se encontraron algunos inconvenientes específicamente en los pines de sujeción se encontraban atascados por lo que adicional a la grúa fue necesario el utilizar soldadura oxiacetilénica para poder calentar y dosificar los pines así poder removerlos, para que la caja de carga saliera de su posición y ser reacondicionada.

Seguidamente la máquina se ubicó en la bahía asignada a este proyecto; en este lugar la máquina fue primeramente colocada de la manera más segura, tanto para los técnicos como para la misma máquina. Seguidamente se fueron removiendo los componentes del tren de potencia, que son el motor, caja automática con su respectivo convertidor y los ejes de tracción.

Casi paralelo con la remoción de estos componentes del tren de potencia, se fueron removiendo también los componentes del sistema hidráulico, como lo fueron la bomba, controles(pilotos y principales) y actuadores hidráulicos(dos cilindros de dirección, dos cilindros de expulsión de material de la caja de carga, Todos y cada uno de estos componentes efectuaron un viaje primeramente al área de lavado y seguidamente llevados al área de la reconstructora de motores para ser reparados, a excepción de los ejes de tracción que fueron reparados en el Taller Central.

Estando la máquina en el taller central procedieron los técnicos electricistas a efectuar una revisión de todos y cada uno de los arneses del

sistema eléctrico y evaluar su condición para determinar si estos requerían ser reemplazados. Adicional, el taller de soldadura se dedicó a evaluar el estado del chasis para verificar si este requería algún tipo de reparación, reparaciones de alguna parte del chasis o periféricos de la máquina, para que este sea reparado mientras todo el proceso continuaba en proceso.

También fue necesario el evaluar todas las mangueras hidráulicas para determinar si estas necesitaban ser reemplazadas, basándose en los requisitos que esta reparación debe cumplir, para cumplir con las especificaciones del programa y poder otorgar la garantía de fábrica.

Al final de, la máquina quedó básicamente solo el chasis, pues fueron removidos todos y cada uno de las piezas tanto motrices como fijas; momento en el cual los pintores aprovecharon para poder pintar el chasis e iniciar con el proceso de pintura de todos y cada uno de los componentes de la máquina.

2.2. Procesos de reparación de los componentes principales en la reconstructores REMOSA

Los procedimientos que se llevan en esta reconstructora son muy estrictos, ya cada componente, antes de ser reparado, es lavado para evitar, en la mayor cantidad posible, la contaminación de las piezas; todos y cada uno de los componentes, luego de ser evaluados, fueron lavados y almacenados, así mismo antes de ser utilizados para ser armados, fueron nuevamente lavados antes de ser utilizados, esto es válido para todos y cada uno de los componentes que ingresan a este taller.

Uno de los componentes para importantes es el motor de combustión interna, ya que es el que proporciona toda la potencia motriz a la máquina, por

lo que en este caso se procedió a desarmar el motor, por partes como lo son: culata, turbo alimentador, bomba de agua y bomba de inyección, esto lo efectúan con el objetivo de poder reparar los componentes por separado, llevar un mejor control.

En nuestro caso, se procedió a desarmar la bomba de inyección para determinar las piezas necesarias a reemplazar, en este caso fue necesario el reemplazar 3 *plungers* y las piezas de desgaste, como lo son cojinetes y sellos. En el caso específico de las bombas de inyección, estas son sometidas a un banco de pruebas independiente del Dinamómetro (banco de pruebas de motor), este es un bando especialmente para ajustar la bomba de inyección. Entre las pruebas que se le efectuaron a la bomba están las pruebas de cubicaje, puesta a tiempo y ajuste de *plungers*, para garantizar el correcto funcionamiento. Luego que fue armada y ajustada en el banco, la bomba quedó lista para ser instalada en el motor.

Siguiendo con los componentes se procedió a desarmar la culata y efectuar el cambio de algunas guías y válvulas, solo en el caso de los resortes estos no pasaron las pruebas de presión bajo carga y desgaste que se les efectuaron, razón por la cual fue necesario el reemplazo de dichos componentes. Lo mismo paso con el block de cilindros, componente que se le efectuaron pruebas de *magnaflux* (prueba a base de magnetismo) para determinar si el *block* no presentada grietas, pero en este caso no presentó ninguna, por lo que se procedió únicamente a preparar el componentes para ser instalado en el motor, así mismo este mismo tipo de pruebas (*magnaflux*) se efectuaron al cigüeñal, culata y eje de levas, obteniendo el mismo resultado que en el *block* de cilindros.

Por último, se repararon la bomba de agua, efectuándose únicamente el cambio de cojinetes y sellos; pero en el caso de la bomba de aceite, esta tuvo que ser reemplazado en su totalidad, ya que si sufrió un daño severo por desgaste, pero para minimizar costos; En este componente, se colocó un remanufacturados(repuesto reconstruido con garantía de repuesto nuevo). En el caso de los inyectores estos fueron probados encontrando que 5 de ellos necesitaban reemplazo, pero por motivos de seguridad fueron reemplazados los 6 inyectores, con el mismo programa de remanufacturados.

Como parte final del proceso de reparación del motor, se procedió a unificándolos todos y cada uno de los componentes que se repararon anteriormente se unificaron en una sola pieza, formando lo que conocemos como el motor de combustión interna. Al final, el motor completamente armado ingresó al banco de pruebas de motores (dinamómetro) lugar donde el motor fue probado y ajustado, pero durante las pruebas se determinaron algunos problemas por fuga por las tapaderas de válvulas, falla que fue corregida con el reemplazo del empaque. Al final el motor logró su objetivo en este banco y fue el estar listo para ser trabajado.

En el caso específico de la máquina, el convertidor y la transmisión están ensamblados en una sola pieza, por lo cual, al momento de efectuar la revisión de la transmisión, fue desmontado también el convertidor de torque; este se inspecciona por separado ya al ser desmontado de la transmisión, durante el proceso de desarme se pudo notar que el convertidor necesitaba que las tres piezas más importantes del convertidor fueran reemplazadas, las cuales son: la turbina, el estator y el impeler, ya que durante la primera vida útil de esta máquina estos componentes habían tenido contacto entre ellos provocando que se perdiera presión en el turbo, provocando además que la multiplicación del torque fuera deficiente; por estas razones se está efectuando el cambio de

estas piezas. Fue también necesario que como medidas de seguridad fueron se reemplazaran el cojinete y el donde van montados estos componentes para evitar que prematuramente se dañen buje. Con el cambio de estas piezas se garantiza que el convertidor logre el objetivo del programa CCR que es darle vida a la máquina por otras 14 000 horas más.

Siguiendo con el proceso de reconstrucción, luego del convertidor se procedió a efectuar la respectiva evaluación de la caja automática, en la cual se pudo determinar que no todos los componentes eran necesarios reemplazar, ya que se rescataron los componentes.

Como lo son algunos discos de celulosa de papel y unos de R39 (tipo de material de desgaste del disco) puesto que al efectuar la comparación de estos componentes con la respectiva guía de reutilización de partes se determinó que no era necesario el reemplazo de estos componentes, así mismo se reemplazaron dos pistones que no pasaron las pruebas de reutilización, ahora lo que son componentes como cojinetes de bolas, sellos seguros de caucho, estos fueron reemplazados, puesto que son componentes que por lo regular se reemplazan de cajón en una reparación mayor de este tipo.

Como el convertidor y la caja automática, en este caso específico están unidos, estos fueron ensamblados en una sola pieza y luego fueron instalados en el banco especial para poder efectuar pruebas para este tipo de componentes, pero lastimosamente este no paso las rigurosas pruebas a las que son sometidos los componentes, determinándose que las presiones de los paquetes no se encontraban en lo correcto, por lo que fue necesario efectuar un ajuste dentro del control, para lograr que se elevara la presión, logrando con esto que la caja pasara las pruebas en el banco.

Como el taller de REMOSA es el taller especializado para trabajar estos componentes finos, así mismo se reparó la bomba hidráulica, esta fue desarmada y se le reemplazaron los 9 pistones con su respectivo barrel (componentes principales de la bomba), así mismo se reemplazaron las piezas de desgaste como lo son las piezas de bronce, cojinetes y sellos. Como todos y cada uno de los componentes este fue instalado en el banco de pruebas para bombas hidráulicas, efectuándole a la bomba los respectivos ajustes para garantizar su óptimo funcionamiento.

Así mismo se repararon todos los cilindros y controles de válvulas de esta máquina, en estos casos específicos solo fue necesario el cambio de sellos y empaques y solo en el caso de los cilindros estos fueron sometidos al banco de pruebas de cilindros.

2.3. Desarrollo de los procedimientos unificados de los dos talleres de Gentrac involucrados

El programa de reconstrucción de maquinaria no es un proceso en el que se involucren solo el taller de la reparación de componentes sino en determinado momento este debe ser unificado con los demás talleres y es cuando cada uno de los componentes es instalado nuevamente en la máquina.

Este es el momento en que cada componente se instala en la máquina, por lo que este debe ser no solo instalado sino que este debe ser ajustado, programado y calibrado para que este funcione correctamente en la máquina.

Uno de los primeros componentes que fue instalado fue el motor, este fue instalado en sus bases y fue necesario la instalación del arnés del motor, este sistema electrónico es el enlace que tiene el motor con todos y cada uno de los

sistemas electrónicos. Para esta función en específico, se utilizó personal del área de electricidad esto llevó a unificar los talleres de Gentrac. Durante todo el proceso de armado se unifican los talleres de Gentrac, en este caso los talleres que se unificaron fueron son los talleres de Electricidad, el taller de especialidades (REMOSA) y el taller central que es el lugar donde se arma, es decir que esta es ensamblada nuevamente en el taller central.

Continuando con el armado de la máquina, el segundo componente que instalado es la caja automática, esta caja es alojada en la parte interior del chasis de la máquina; sobre sus cargadores y, al igual que el motor, se instala el arnés, solo que este es el que se encarga de monitorear y controlar todos y cada uno de los cambios de velocidades de la máquina, a través de la conexión de este sistema de cables.

Posteriormente son instalado los ejes de la máquina, estos componentes fueron instalados en el chasis de la máquina, con esto se completa la instalación de todo el tren de potencia, que son los componentes más relevantes e importantes de la reconstrucción ya que estos son los que proporcionan la potencia a toda la máquina.

Finalmente, es instalada la bomba hidráulica, así como los controles hidráulicos, tanto principales como del sistema piloto, como son componentes que no llevan conexiones eléctricas. No es requerido personal eléctrico para su instalación, también se instalan todas y cada una de las mangueras o tubos que fueron retirados durante el desarme de la máquina, solo que ahora son instaladas las mangueras que necesitaban ser reemplazadas y, las que son reutilizadas, son limpiadas para su reinstalación. Los componentes que fueron instalados al final son los cilindros de levante, inclinación y dirección de la máquina.

Una vez instalado todos y cada uno de los componentes se procede a llenar los depósitos de aceite, para posteriormente arrancar la máquina e iniciar el proceso de llenado de todos y cada uno de los componentes y mangueras con aceite, para garantizar que estos funcionen correctamente.

Seguidamente que se llenan los compartimientos de aceite, la máquina es arrancada y se verifica su funcionamiento en baja en vacío, así mismo se inicia a efectuar pruebas de monitoreo de los paneles de control, indicadores como los de temperatura, niveles, etc.

Cuando se tiene certeza de que la máquina está trabajando bien en baja en vacío, se procede a llevar la máquina al área de pruebas para efectuar pruebas de carga, para cerciorarse de su perfecto funcionamiento; este procedimiento de prueba es obligatorio para todas las maquinas que se reparan, pero nuestro caso en esta máquina reconstruida, los procedimientos se intensificaron, debido a que la máquina debe llenar requerimientos estrictos de fábrica para poder brindar la garantía ofrecida en el programa de reconstrucción de maquinaria.

Por otra parte, en este caso, se presentaron fallas al momento de efectuar las pruebas, una de ellas fue que el tanque de combustible presentó fugas de diesel, por lo que fue necesario el efectuarle trabajos de soldadura a dicho tanque para corregir dicha fuga, además se presentó un problema eléctrico en la palanca de cambios, por lo que fue necesario diagnosticarla, llegando a reflejar que la palanca de cambios necesitaba ser reemplazada; posterior a efectuar las pruebas, la máquina fue probada nuevamente en el área de pruebas llegando a comprobar que estuviera en óptimas condiciones y así recibir la garantía de fábrica que ofrece Caterpillar en su programa.

2.4. Implementación de los procesos de desmontaje, reparación, montaje y puesta en marcha de los componentes del Cargador Frontal R1600G

Durante el proceso de la reconstrucción de esta máquina, no fue necesario la implementación de procesos nuevos en la empresa, ya que la empresa cuenta con procesos establecidos para efectuar los desmontajes, reparaciones, montajes y puesta en marcha de otras máquinas. Básicamente, solo el trabajo fue de readecuar los procesos que ya existían a ser ajustados para poder efectuar los trabajos en esta máquina, por lo que podríamos mencionar más de las modificaciones que se efectuaron para poder ajustar los procesos.

Uno de los procesos que se ajustó, en este caso, fue el proceso de desmontaje, ya que en esta máquina, fue necesario el cambiar el proceso de desarme, puesto que contiene piezas muy pesadas, para la cual fue necesario el contratar equipo de levante ajeno a la empresa poder efectuar los movimientos necesarios en el cargador frontal.

El cambio fue directamente en la secuencia de remover los componentes, ya que estos fueron removidos de manera distinta, ya que el moverlos dependía de la disponibilidad del proveedor de la grúa, así mismo, por la inexperiencia de la primera reconstrucción, se desconocía de la necesidad de utilizar este tipo de grúa de mayor capacidad para poder efectuar los movimientos de carga y descarga de manera segura.

El proceso que se implementó fue el proceso de pintura de dicha máquina, ya que las máquinas no eran pintadas en su totalidad (incluyendo chasis completo) ya que por lo regular no se llegaba a tener la maquina desarmada

hasta tal nivel para poder efectuarlo; sin embargo el proceso de pintura fue parcialmente ya que no se contaba con la infraestructura para poder mover el chasis con facilidad (por la falta de equipo pesado para hacerlo) por lo que fue necesario el efectuar el proceso de pintura de dicha máquina por etapas, etapas en las que se lograba tener el equipo subcontratado para mover los componentes y aplicarles la capa de pintura correspondientes.

Debido a esto el proceso de pintura fue parcial y lento para poder lograr la pintura completa de todos y cada uno de los componentes de la máquina, ya que estos fueron pintados por separado y en tiempo distintos de todo el proceso de reconstrucción de la máquina; sin embargo se logró el objetivo el cual era de pintar la máquina en su totalidad y cumplir con lo requerido de parte de Caterpillar para certificarla.

Un proceso que no se efectúa directamente en otra máquinas, es el proceso de inspección minucioso de las mangueras y arneses eléctricos, ya que estos fueron reemplazados en otras máquinas, solo si estos lo requerían; sin embargo, para el proceso de reconstrucción, debían ser inspeccionados minuciosamente para determinar las que eran necesarias reemplazar, para evitar problemas a corto plazo, tomando en cuenta que la máquina gozaría de un año de garantía sin límite de horas.

Razón por la cual debía ser minucioso; en nuestro caso cada componente eléctrico fue revisado conforme fue desmontado para ir descartando de una vez los componentes que se reemplazarían, lo mismo sucedió con las mangueras hidráulicas, las cuales debían ser inspeccionadas y reempladas solo aquellas que era necesario el reemplazar; esto llevó a que el proceso de desarmado tomara un poco más de tiempo. En el complemento de los procesos los

cambios fueron mínimos, ya que se contaba con procesos bastante buenos que solo bastó con adecuarlos con cambios mínimos para la reconstrucción.

2.5. Verificación del cumplimiento de los requisitos del programa de reconstrucción de maquinaria de Caterpillar CCR

El proyecto se desarrolló de tal forma que se cumplieran con los requisitos Caterpillar indicó que eran necesarios, de los cuales enumero a continuación:

- Los equipos debían ser reconstruidos únicamente por el distribuidor Caterpillar y no por terceros, ajenos al distribuidor.
- Solo se deben utilizar repuestos originales Caterpillar
- Hay piezas que se cambian sin discusión alguna, ya que son parte del programa.
- La máquina debe ser desarmada en su totalidad y ser reacondicionada en su totalidad todos y cada uno de sus componentes.
- Cada componente debe ser reacondicionado de acuerdo con los parámetros ya existentes en Caterpillar, como lo son las guías de reusabilidad de partes existentes.
- Todo lo relacionado con la reconstrucción debe estar disponible a Caterpillar para su verificación, si fuera necesario sin ninguna limitación, para garantizar las reparaciones.

Todos y cada uno de los componentes fueron cuidadosamente desarmados, evaluados, reparados y ensamblados, cumpliendo con los altos estándares de Caterpillar, cumpliendo con cada uno de los requisitos antes mencionados.

Al finalizar la reconstrucción se presentaron los documentos solicitados por Caterpillar para poder garantizar la reconstrucción. Caterpillar efectuó la respectiva verificación de los documentos presentados y procedió a inscribir la máquina en el programa como máquina reconstruida entregando la placa original que indica que esta máquina es reconstruida y la avala la marca Caterpillar. Solo hasta entonces, se hace la entrega de las placas que lo acreditan como reconstrucción, que deben estar en una parte específica de la máquina; en nuestro caso, estas placas fueron instaladas en la parte trasera cerca del contrapeso de la máquina.




Figura 42. **Placa de identificación de reconstrucción**



Fuente: *Guía de reconstrucción de maquinaria Caterpillar.*

Así mismo se le cambia la placa de identificación del producto y se indica la nueva serie del equipo reconstruido, placa que indica los componentes que fueron reconstruidos y de qué tipo, si este fue CCR o CPT.

Figura 43. Placa que identifica una reconstrucción CPT

CATERPILLAR CERTIFIED POWERTRAIN			
CATERPILLAR INC. PEORIA, IL., 61601 USA		CAT® CAT®	CATERPILLAR® CATERPILLAR®
			
MODEL			
PRODUCT IDENTIFICATION NUMBER			
MODEL NUMBER		SERIAL NUMBER	ARRANGEMENT NUMBER
			
			
SERVICE HOUR READING AT REBUILD		MONTH/YEAR REBUILT	
DEALER NAME/CODE		MADE IN	
		PARTS ORDER	
		208-7828	

Fuente: *Guía de reconstrucción de maquinaria Caterpillar*. p. 49.

2.6. Entrega del proyecto a Gerentes y supervisores Gentrac

El proyecto fue entregado al personal de Gentrac por medio de una copia de este documento, así mismo se presentaron los respectivos análisis del proyecto indicando las sugerencias para mejorar los procesos ya existentes para que las futuras reconstrucciones sean más rápidas y eficientes desde todo punto de vista.

Entre las sugerencias que se presentaron son las siguientes:

- Sugerencias de herramientas especiales para carga y descarga de algunos componentes.
- Mejoramiento de equipo de protección personal.
- Sugerencia de montacargas de mayor capacidad del existente actualmente.
- Ampliación del área existentes para las reconstrucciones.
- Mayor capacitación en algunos técnicos existentes en relación a los equipos a reconstruir.

Al terminar la maquina completamente esta fue entregada por parte de los gerentes de la empresa ante el cliente, entrega que se efectuó en las instalaciones del cliente, evento en cual participaron los gerentes de ambas empresas dando el visto bueno a la maquina reparada de manera satisfactoria.

3. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO

Para este proyecto se efectuó un análisis de riesgos que conllevaba el proyecto, desde varios aspectos, aspectos como riesgos personales, de equipos eléctricos, instalaciones de los talleres, terceras personas, utilización de equipos especializados, utilización de herramientas neumáticas y eléctricas.

3.1. Utilización de equipo de protección personal

Durante el proyecto se pudo identificar que no todos los técnicos que participaron en el proyecto contaban con sus respectivos atuendos de protección personal, esto nos llevó a sugerir al personal de Seguridad Industrial el equipo que debieran tener no solo los técnicos asignados al proyecto sino en general en toda la planta. Así mismo se sugirieron que cada técnico debe tener todos y cada uno de los siguientes accesorios como parte de sus herramientas de trabajo:

- Casco protector
- Lentes de Seguridad
- Guantes
- Botas con punta de acero
- Gabachas protectoras
- Tapones de oídos

Este tipo de accesorios de debiera faltar para todos y cada uno de las personas que tienen acceso al área de trabajo, no solo el área de reconstrucciones sino a todo los talleres.

3.2. Manejo correcto de Equipos de movimiento de piezas (grúas eléctricas)

Durante el proyecto se pudo notar que no todos los técnicos tenían la capacitación necesaria y el conocimiento básico de operación de estas grúas, así mismo de la capacidad de las mismas. Ya que los talleres tienen varias grúas de distintas capacidades.

En relación a esto se sugirió al personal de seguridad industrial que era necesario que todos y cada uno del personal debiera conocer la correcta operación de estas grúas, tomando en cuenta el grado de peligrosidad que se puede tener con este tipo de grúas, si no se operan de manera correcta.

Así mismo se efectuaron reparaciones a dos de las grúas que se tienen en el taller, ya que los dispositivos de fijación de las grúas estaban dañados, estos fueron reparados para darle mayor seguridad cuando se efectúan los movimientos.

Adicional se le pudo explicar a todos y cada uno de los técnicos cuales eran las funciones de operación segura de estos equipos y sus respectivas medidas de seguridad para evitar cuáles eran sus riesgos. También se justificaron la compra de argollas especiales para cargar determinados componentes, ya que se contaban con algunas herramientas que eran hechizas, herramientas que no se podía constatar si estas eran lo suficientemente seguras para evitar riesgos al momento de utilizarlos, por otro lado también se compraron fajas especiales, acordes a los pesos que se necesitaban mover algunos equipos que necesitaban ser movidos por las grúas.

3.3. Procedimiento de desmontaje y montaje de piezas del cargador frontal

Es logró establecer un correcto procedimiento para el desarme, ya que originalmente se desarmaba la máquina de manera desordenada y no se llevaba un procedimiento lógico para desarmar lo componentes. Entre las sugerencias que se presentaron esta, llevar un procedimiento lógico de desmonte y montaje de los componentes, iniciando principalmente con una colocación del equipo de manera segura sobre torres especiales.

Con esto garantizando con esto que la máquina no se caerá por ninguna razón, luego de esto se procedió a remover los componentes periféricos como lo son los cilindros, las ruedas, dejando casi al final los componentes principales del tren de potencia, logrando que sea de una manera ordenada y cronológica para garantizar que no se escape ningún detalle, mayormente cuando se está montando todo de nuevo en el chasis de la máquina.

Durante todo el proceso de desarmado y armando de pudo observar las mejoras que se podían hacer a los procedimiento ya existentes de desmontaje y montaje de componentes quedando de la siguiente manera desde el principio hasta el final de la instalación de los componentes de la máquina.

- Colocación de la máquina sobre bases seguras para el desarme
- Desmonte de los cilindros de levante
- Desmonte de cilindros de dirección
- Desmonte del cilindro del cucharón
- Desmonte de las ruedas
- Desmonte de los ejes de tracción
- Desmontaje de la transmisión y convertidor de torque

- Desmontaje del radiador y enfriadores de aceite
- Desmontaje del motor
- Desmontaje de los controles hidráulicos
- Desmontaje de la bomba principal hidráulica
- Desmontaje de las mangueras dañadas
- Desmontaje de los componentes distintos arneses para su evaluación
- Desmontaje de la torre de levante para su respectiva reparación
- Desmontaje de los pines centrales de la máquina, para cambio de bujes de la articulación de la máquina
- Desmontaje de accesorios cosméticos como sillón del operador, persianas y compuertas, etc.

El procedimiento para armar todo nuevamente se efectúa de manera descendente del propuesto, tomando en cuenta que todos y cada uno de los componentes ya esta reparado de acuerdo a lo especificado por los manuales y guías de reusabilidad de partes de cada uno de los componentes.

Todos y cada uno de los movimientos se efectúan de la manera más cuidadosa posible, ya que en primer lugar son movimientos peligrosos y riesgosos, aparte de que los componentes ya están reparados y no se deben dañar en su instalación, porque esto podría atrasar el tiempo de entrega de la máquina.

3.4. Procedimiento de manejo y almacenamiento de fluidos (aceites)

La empresa como parte de los procesos de seguridad industrial estos aceites son removidos en recipientes especiales y luego son almacenados en un recipiente grande donde todos los aceites(si ya no sirven) son almacenados para posteriormente ser entregados a empresas que se dedican a reciclar los

mismos, para evitar que estos manchen el área de trabajo cada técnico tiene la obligación de mantener limpio y si se llegase a producir un derrame este debe ser limpiado con unas toallas absorbentes.

Adicional, la empresa cuenta con una fosa de tratamiento de agua residuales, esta fosa esta ubicada en el área de lavado donde si existiera alguna contaminación de aceite, este aceite se quedaría en esta fosa y luego poderlo remover para evitar la contaminación del agua, ya que estas aguas caen directamente al rio Villa Lobos. Con esta fosa se evita la contaminación de las aguas pluviales del área.

En este caso, por regla general, se cambiaron todos los aceites, por lo que no fue necesario el procedimiento de almacenamiento de los aceites usados, pero la empresa cuenta con procedimientos de almacenamiento con recipientes higiénicamente limpios para evitar la contaminación de los aceites, ya que son aceites delicados y de esto depende la vida útil de los componentes, especialmente los del sistema hidráulico.

3.5. Manejo de montacargas de 7 toneladas

Durante el proceso logró notar que no todos los técnicos están capacitados en la operación de este tipo de montacargas, todos lo mueven de manera imprudente, por lo que se sugirió que todos sin excepción debieran saber operar de manera correcta y segura este tipo de montacargas, ya que el no saber operarlo de manera correcta, podría generar daños a la infraestructura del taller, pero más preocupante el daño o muerte de alguno de los técnicos del taller.

Entre los cuidados más delicados de esta operación de este equipo es por las dimensiones, ya que es un montacargas bastante grande y por esta razón es muy difícil su movimiento en los espacios relativamente pequeños, en comparación con el tamaño de este montacargas.

La manera que se sugirió para no tener problemas con la operación de este montacargas, fue que este debiera ser utilizado únicamente por el encargado de probar máquinas (operador certificado), de esta manera se evitaría algún daño hacia alguna persona o instalación dentro de las instalaciones del taller. Tomando en cuenta esta sugerencia, todos y cada uno de los movimientos se efectuaron de manera segura, sin tener problemas de operación.

3.6. Utilización de herramientas neumáticas

Se determinó que no todos los técnicos tienen la capacitación necesaria para la operación correcta de este tipo de herramientas, ya que durante el proceso de la reparación de la máquina se dañaron tres equipos neumáticos, se efectuó la sugerencia de lograr que los técnicos tengan capacitación sobre la utilización para evitar daños a la herramienta y lograr maximizar su tiempo de vida útil.

Así mismo, nos topamos con algunos problemas que logramos notar que fue necesario la adquisición de nueva herramienta neumática, ya que dos de las pistolas neumáticas ya estaban muy dañadas y era más fácil el reemplazo de las herramientas que reparar las antiguas.

Al final, para evitar daños y el buen mantenimiento, se logró que los técnicos recibieran un entrenamiento, en el cual aprendieron a tomar sus

respectivas precauciones para evitar daños a ellos mismos y a personas que estén a su alrededor.

3.7. Utilización de herramientas eléctricas

Durante toda la reparación de la máquina, fue muy poco el uso de herramientas eléctricas, las herramientas eléctricas utilizadas mayormente fueron utilizadas por los soldadores cuando efectuaron los trabajos de maquinado y soldadura en el chasis, específicamente para efectuar acabados de algunas piezas. Pero a pesar de que no fue necesario la utilización de estas herramientas en gran cantidad, no se descarta la seguridad de estos equipos, mayormente con los equipos como barrenos y pulidoras, ya que son equipos que utilizan componentes cortantes que pueden quebrarse durante su operación provocando serios daños a las personas que operan estos equipos como a terceras personas a su alrededor.

A pesar de que no fue necesario la utilización de estas herramientas en exceso, pero si se efectuó una capacitación sobre la utilización de estos equipos, previniendo futuros incidentes.

3.8. Utilización de herramientas especiales

Durante todo el proceso de reparación de este cargador frontal, fue necesario utilizar equipos especiales, entre los cuales mencionaremos el dinamómetro de motores, el dinamómetro de transmisiones, dinamómetro de bombas hidráulicas y el dinamómetro de bombas e inyectores del motor de combustión interna.

El dinamómetro de motores, es específicamente para comprobar el correcto funcionamiento del motor, es decir que en este lugar el motor es sometido a diversas pruebas, en las cuales se le simula al motor las diversas cargas que este es sometido en los lugares de trabajo, logrando con esto verificar el correcto funcionamiento del mismo. De similares formas se utiliza el dinamómetro de bombas y transmisiones, el objetivo primordial de este tipo de pruebas es garantizar que las reparaciones fueron efectuadas correctamente.

Para poder efectuar estas pruebas es necesario el saber el correcto uso de las herramientas, ya que de un buen manejo de las herramientas se puede garantizar de manera más segura el correcto funcionamiento de los componentes del tren de potencia y el sistema hidráulico de la máquina. Por lo que fue necesario el sugerir que cada uno de los técnicos fueran capacitados de manera más directa en cada uso de las herramientas.

CONCLUSIONES

1. La instalación del equipo para dar servicio a cilindros hidráulicos fue exitosa, no existió mayores contratiempos para el desarrollo de la misma, no se escatimó recursos a utilizar en el trabajo.
2. Al realizar la instalación del equipo se realizó una conexión eléctrica para la alimentación de la bomba, fue denominada área de cilindros, cuenta con estanterías y *closet* para guardar equipo y herramientas.
3. El servicio prestado por equipo instalado es satisfactorio, en la actualidad no existen contratiempos al realizar el servicio a los cilindros de gran capacidad, no se daña la cabeza de cilindro, antes se calentaba esta sección y si no aflojaba la rosca se procedía a cortar la cabeza del cilindro incrementando el costo del servicio.
4. Se realizó un manual de operación y mantenimiento, se impartió capacitación a los técnicos encargados del área de cilindros, se dividió en dos fases, la primera fue una charla que contenía el conocimiento general del equipo instalado y la segunda fase fue una capacitación técnica sobre la utilización del equipo.
5. Se impartió una charla a los gerentes y supervisores del taller, para que se tuviera el conocimiento del equipo que está a la disposición.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar equipo de protección personal, es importante cuando se realiza un servicio en el equipo de cilindros hidráulicos, la presión de operación puede llegar a ser alta y una fuga en el sistema puede causar graves lesiones.
2. Mantener limpia el área de trabajo es importante, una gota de aceite puede ocasionar un resbalón al técnico o que se resbale algún elemento que se está maniobrando.
3. Realizar las inspecciones recomendadas anteriormente, esto podría prevenir accidentes y la pérdida total de herramientas vitales para el equipo.
4. Solo personal capacitado debe operar el equipo.

BIBLIOGRAFIA

1. BEER, Ferdinand P; JOHNSTON, E. Russel Jr. *Mecánica vectorial para ingenieros estática*. 6ta ed. México: McGraw-Hill. 1997. 241 p.
2. CREUS SOLÉ, Antonio. *Neumática e hidráulica*. España: Marcombo, 2004. 280 p.
3. GILES, Ranald V.; EVETT Jack B.; CHENG Liu. *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. Traducción de Jaime Moneva Moneva. España: McGraw-Hill, 1994. 170 p.
4. HAMROCK, Bernard J.; JACOBSON, Bo Steven; SCHIMID. Richard. *Elementos de máquinas*, México: McGraw-Hill, 2000. 153 p.
5. Caterpillar, Inc. *Manual de operación y servicio de maquinaria tuxco hcs-30 para cilindros hidráulicos*. 2012.

